О. В. Жолос, Г. М. Толстанова, Г. В. Ягенська

Біологія

Підручник для 8 класу
загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Харків
ТОВ «ФОЛІО»
2016

УДК 57(075.3)
ББК 28я721
Ж79

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(*наказ Міністерства освіти і науки України від 10.05.2016 р. № 491*)

ВИДАНО ЗА РАХУНОК ДЕРЖАВНИХ КОШТІВ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО

Експерти, які здійснили експертизу даного підручника під час проведення конкурсного відбору проектів підручників для учнів 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України»:

Хамар І. С., декан біологічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка;

Мироненко І. В., доцент кафедри природничо-математичної освіти та інформаційних технологій Миколаївського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти;

Куриленко І. Р., вчитель-методист ЗОШ № 6 м. Черкаси.

Науковий рецензент
Костіков І. Ю., доктор біологічних наук, професор.

Жолос О. В.
Ж79 Біологія : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. / О. В. Жолос та ін. — Х. : ФОЛІО, 2016. — 304 с. : іл.

ISBN 978-617-7012-35-0.

УДК 57(075.3)
ББК 28я721

ISBN 978-617-7012-35-0

ВІТАЄМО!

Скоріше за все ви зараз думаєте, що починаєте вивчення чергового розділу курсу біології, який навряд чи знадобиться вам у повсякденному житті. Уявіть, що вам знову 4–5 років... Напевно, рідні вам розповідали, що це час, коли все було цікаво і вас називали «чомучками». У період життя, в якому ви перебуваєте, проходять значні зміни у вашому тілі, характері, звичках. Мабуть, у вас знову багато запитань «чому?»

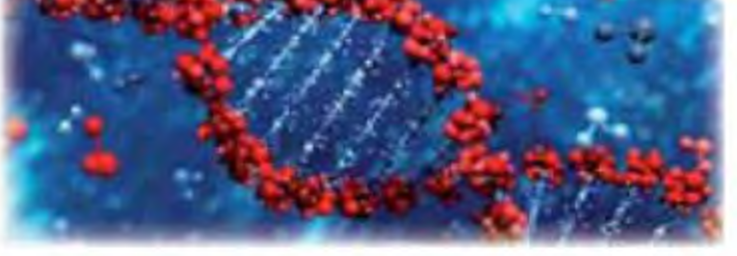
Знання, які ви отримаєте, вивчаючи предмет «Біологія людини», важливі не тільки для тих із вас, хто стане біологом або лікарем. Відомості про будову та функції людського організму, їх вікові особливості допоможуть кожному з вас розуміти свою фізіологію, власне тіло, його сигнали та потреби. Заглиблюючись у курс «Біологія людини», ви будете захоплюватись тим, як досконало працює організм: на рівні управління органами, на рівні клітин і навіть молекул.

Ви зрозумієте, як зберегти ваше здоров'я на довгі роки щасливого життя. Знань, зі сторінок цього підручника, буде достатньо, щоб зорієнтуватися в новітніх поглядах на здорове харчування, застосування ліків, нових медичних приладів і процедур. Ви ознайомитеся з характерними ознаками та механізмами розвитку найпоширеніших захворювань, зокрема генетичних та інфекційних, а також підходами до їх профілактики.

Звичайно, що в житті кожної людини виникатимуть певні проблеми зі здоров'ям, у вас чи у ваших близьких, тому знання біології людини допоможе вам бути кращими батьками, друзями й подругами, колегами і колежанками.

Ми всі різні — і це чудово. Проте принципи функціонування організму однакові. Вони багатогранні й водночас досконалі. Усвідомте цю мудрість, вивчаючи «Біологію людини». Можливо, саме ці знання допоможуть вам пізнати гармонійність світу навколо вас.

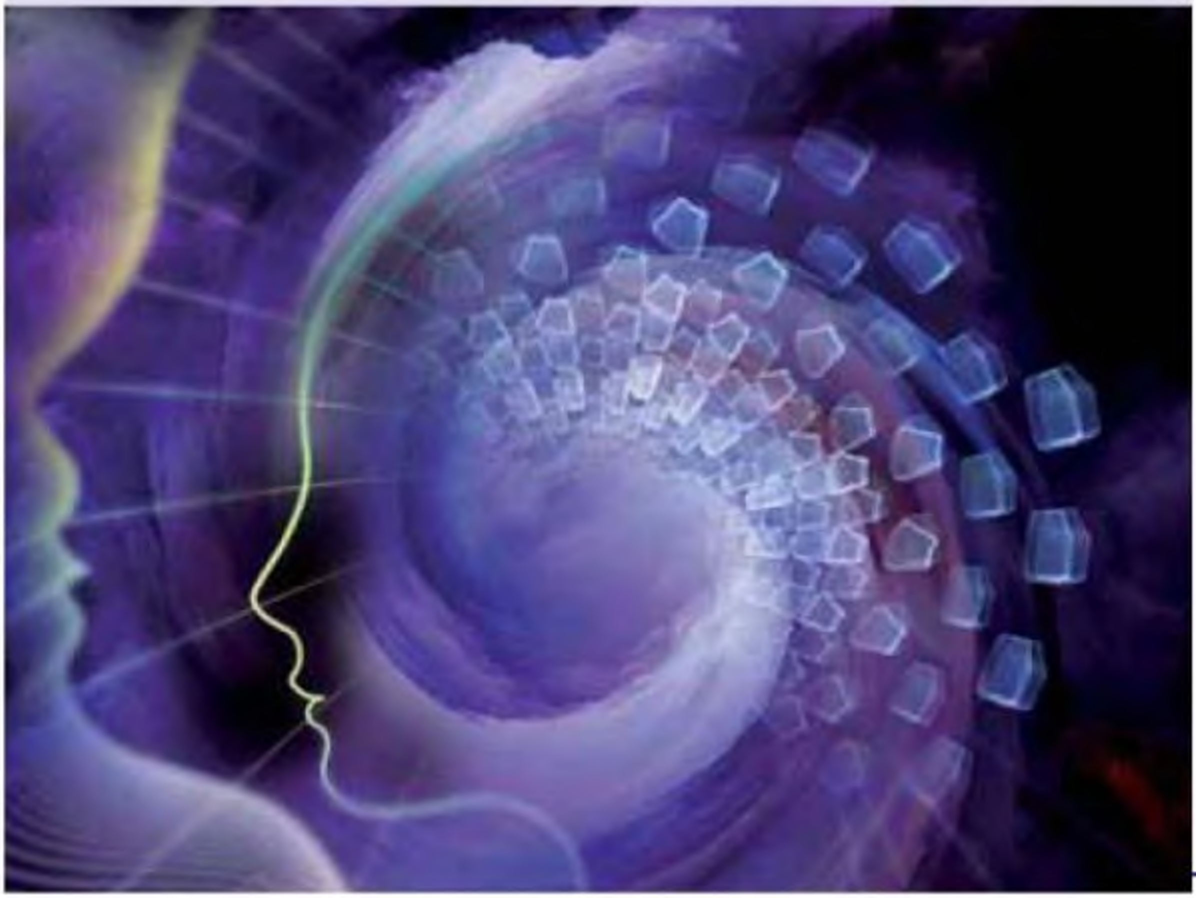
З любов'ю і повагою — Автори та Авторки



ВСТУП

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- **чому людський організм називається відкритою системою і що це означає;**
- **які є рівні організації організму людини, і якими системами координується їхня злагоджена робота;**
- **за якою межею настає «точка неповернення» фізіологічних функцій організму до нормальних показників? Як цього уникнути, аби зберегти здоров'я на довгі роки**



§ 1. ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ЯК БІОЛОГІЧНА СИСТЕМА

Ви дізнаєтеся про: рівні організації людського організму; чому організм людини називають відкритою системою; які властивості має біологічна система.

◆ Чи можна вижити без взаємодії з навколишнім середовищем? Чому під час зміни атмосферного тиску в моєї бабусі може боліти голова?

Організм людини, як будь-який багатоклітинний живий організм, має *кілька рівнів організації: молекулярний, клітинний, тканинний, органний, системний та організмовий.* Кожний наступний рівень організації більш складний, ніж попередній, як за структурою, так і типом виконуваної функції. Отже, організм людини — це **цілісна біологічна система**, де зміни в будь-якій її складовій впливають на функціонування всієї системи (система — це об'єднання структурних одиниць, спрямованих на виконання єдиної дії). Чи замислювалися ви над тим, що людський організм можна порівняти зі складним державним устроєм (*мал. 1*)?

Особливості відкритої системи

Давно минули ті часи, коли люди жили ізольовано на певній обмеженій території, не обмінюючись інформацією, і навіть не здогадуючись про існування інших земель. І навпаки: сьогодні

Мал. 1. Рівні організації людського організму

Мал. 2. Організм людини — це відкрита система

постійне надходження і обмін інформацією координує й забезпечує життєдіяльність не лише кожної людини (інформація про погоду, розклад руху транспорту тощо), а й цілих держав (інформація про падіння цін на валютному ринку, глобальне потепління, катастрофу на атомній електростанції тощо). Організм людини, подібно сучасній державі, не може існувати ізольовано. Для власного виживання він постійно потребує надходження енергії, інформації з навколишнього середовища та обміну з ним — тобто він є відкритою системою (*мал. 2*).

Клітина — це найменша жива структура, яка є відкритою системою. Отже, організм людини можна розглядати як трильйони взаємодіючих систем, які разом створюють супер-систему, здатну виконувати складніші функції і пристосовуватись до різноманітних умов.

Організм людини отримує з навколишнього середовища:

▪ Повітря для дихання. Атмосферне повітря містить кисень, який є найважливішим компонентом хімічних реакцій організму та необхідний для продукції основної енергетичної молекули *аденозинтрифосфату* (*АТФ*).

▪ Поживні речовини у вигляді їжі. Найважливішим для організму є надходження до нього *води*. Організм на 60 % складається з води — це основний компонент клітин та рідин (крові, лімфи, міжклітинної рідини тощо). Основні хімічні реакції в організмі відбуваються у водному середовищі. З *їжею* надходять жири й вуглеводи, які є основним енергетичним матеріалом для клітини, а також білки, що є її будівельним матеріалом. *Мінеральні речовини* та *вітаміни* є невід'ємними учасниками хімічних реакцій в організмі. Наприклад, без вітаміну К порушуються процеси зсідання крові, і людина може вмерти від крововтрати.

▪ Інформацію про зміни температури тіла. Наш організм може нормально працювати лише в дуже вузькому температурному діапазоні внутрішнього середовища (близько 37 °С). Підвищення температури чи її зниження викликає зміни в роботі ферментів, унаслідок цього порушується перебіг життєво важливих реакцій та процесів обміну речовин (*мал. 3, а*).

▪ Інформацію про зміну атмосферного тиску. Сидячи в зручному кріслі перед телевізором, ви не відчуваєте впливу атмосфер-

ного тиску. Уявіть, що це крісло перенесли високо в гори, де атмосферний тиск нижче нормального, і тому в повітрі міститься менше кисню (*мал. 3, б*). Ви відчуєте почастішання дихання, головний біль, нудоту — це висотна хвороба. Вона виникає тому, що вміст кисню в повітрі стає критично малим, це утруднює проникнення його у кров та транспорт до всіх тканин. Також стабільність стану людського організму залежить від величини тиску в судинах. Він повинен бути не занадто великим для запобігання їх руйнуванню, але достатнім для транспортування крові до кожної клітини.

• **Сенсорну інформацію**, яка необхідна, щоб людина взаємодіяла з навколишнім світом, сприймаючи його у всій багатогранності світла, звуків, запахів, смаків.

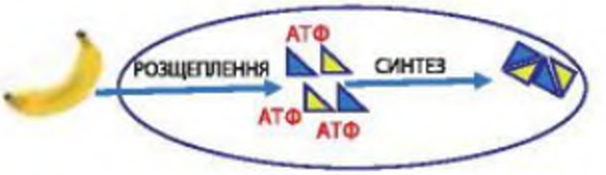
Мал. 3. Наш організм є чутливим до змін атмосферного тиску та температури навколишнього середовища

Властивості біологічних систем

Для ефективного діалогу з навколишнім середовищем і забезпечення свого існування біологічним системам властиві певні процеси, зокрема обмін речовин та перетворення енергії, подразливість, саморегуляція, рухливість, розвиток, розмноження, ріст.

• **Обмін речовин і перетворення енергії.** Усі процеси життєдіяльності, які ми будемо розглядати далі, постійно потребують енергії та різних речовин для їхнього перебігу. Організм має пристосування для перетворення спожитої їжі в універсальне біологічне джерело енергії АТФ. АТФ може легко й швидко віддавати свою енергію там, де в ній виникає потреба. Отже, в організмі паралельно проходять два процеси, сукупність яких називається обміном речовин: розщеплення складних молекул з вивільненням енергії і утворення нових молекул (синтез), які потребують витрат енергії (*мал. 4*). Неперетравлені рештки й продукти життєдіяльності клітин виводяться організмом назовні.

• **Подразливість** — це здатність організму реагувати на зміни у внутрішньому та навколишньому середовищі. Зокрема, людина може змінювати поведінку для пошуку їжі, уникнення можливих і реальних загроз тощо.



Мал. 4. Схема обміну речовин у клітинах організму людини

Мал. 5. Без властивостей біологічної системи: обмін речовин та перетворення енергії, подразливість, саморегуляція, рухливість, спортсмен не зміг би дістатися фінішу

• **Саморегуляція** — регулювання власних життєвих функцій і підтримання сталості свого внутрішнього середовища. Наприклад, при активному фізичному навантаженні підвищується температура тіла. Організм запускає механізми, спрямовані на її зниження — збільшується потовиділення, розширюються судини шкіри.

• **Рухливість**. Рух — це не лише зміни положення тіла в просторі за допомогою опорно-рухової системи. Коли ви у повному спокої, у вашому організмі триває постійний рух. Вашими судинами транспортуються клітини крові, працюють залози, ритмічно скорочується серце, і відбуваються дихальні рухи (*мал. 5*).

• **Розвиток**, як ми вчили раніше, — це якісні зміни в організмі, які відбуваються впродовж життя.

• **Ріст** — це збільшення організму в розмірах. Людина, як будь-який багатоклітинний організм, росте за рахунок поділу клітин, збільшення міжклітинної речовини (наприклад, відкладення мінеральних речовин у кістковій тканині) і, дуже незначного мірою, за рахунок збільшення розміру клітин.

• **Розмноження** — це ключова властивість біологічної системи, яка забезпечує її відтворюваність та збереження.

Науки, які вивчають організм людини

Пізнання біології людини неможливе без розуміння будови її окремих органів і систем, що тісно пов'язана з виконуваними функціями. **Анатомія** — наука, яка вивчає будову і форму організму та його органів. Мікроскопічну будову, тобто таку, яку не видно неозброєним оком, зокрема будову клітин та тканин, вивчають, відповідно, **цитологія та гістологія.** Те, як організм, його окремі органи та системи органів виконують свої функції, — вивчає **фізіологія.** Ці науки стали основою для розвитку всіх медичних дисциплін (кардіології, гастроентерології, неврології тощо), які досліджують механізми захворювання і шукають методи їх лікування.

Висновки

1. Організм людини — це цілісна біологічна система; зміни в будь-якій її складовій впливають на функціонування всієї системи.
2. Організм людини не може існувати ізольовано: для виживання він потребує постійного обміну енергією й інформацією з навколишнім середовищем — тобто він є відкритою системою.

3. Біологічним системам властиві обмін речовин та перетворення енергії, подразливість, саморегуляція, рухливість, розвиток, розмноження, зростання.
4. Будову організму вивчає наука анатомія; те, як він працює, — фізіологія.

Терміни і поняття

Біологічна система, відкрита система, рівні організації життя, анатомія, фізіологія, гістологія.

Контрольні запитання

1. Які рівні організації людського організму вам відомі?
2. Назвіть найменшу живу структуру, яка є відкритою системою.
3. Чому організм людини не може існувати ізольовано від навколишнього середовища?
4. Як можна пояснити такі властивості біологічних систем, як подразливість та саморегуляція?
5. Доведіть важливість рухливості для існування біологічної системи.

Завдання

1. Намалюйте схему відкритої системи на основі людського організму, визначте її внутрішні та зовнішні зв'язки.
2. Знайдіть інформацію про те, що вивчають науки: ембріологія, генетика, гігієна, екологія, психологія.

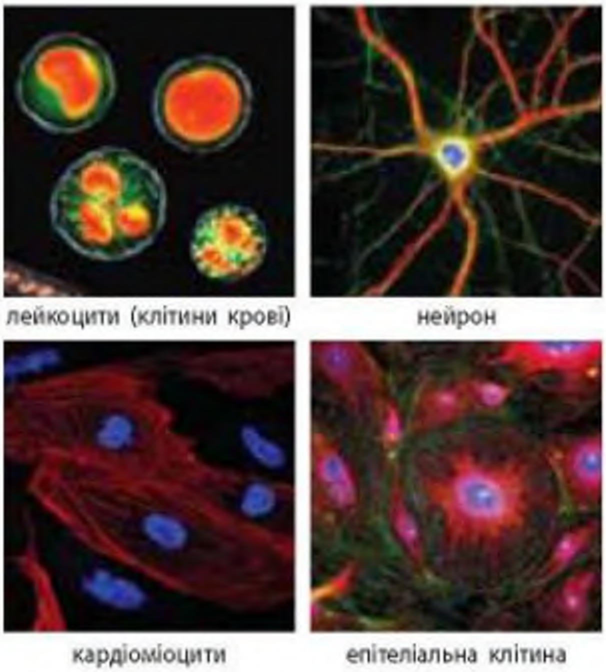
§ 2. РІЗНОМАНІТНІСТЬ КЛІТИН ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ. ТКАНИНИ. ОРГАНИ

Ви дізнаєтесь, чи відрізняються клітини людського організму від клітин тварин; які клітини дають початок усім іншим клітинам; для чого потрібні тканини різних типів та з яких тканин формуються органи; чи може одна й та сама тканина виконувати різні функції; з яких фізіологічних систем складається організм людини; що таке функціональні системи.

◆ А це правда, що в дорослому організмі є клітини, які можуть перетворюватись на інші клітини?

Різноманітність клітин організму людини

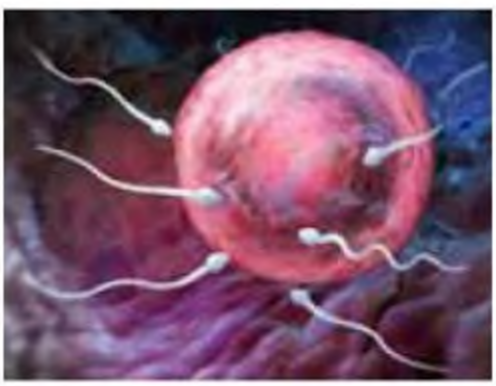
Клітина — це найменша структурна та функціональна одиниця живого. Ззовні вона вкрита клітинною мембраною, а зсередини заповнена цитоплазмою з органелами та ядром. Ці маленькі заповнені рідиною мішечки містять компоненти, відповідальні



Мал. 6. Приклади спеціалізованих типів клітин організму

за тисячі біохімічних реакцій, необхідних для росту й виживання. Клітини людського організму мають ті самі особливості, що й клітини тварин. Користуючись малюнком на форзаці підручника, згадайте з курсу зоології особливості будови клітини і ролі різних органел у її функціонуванні. В організмі людини налічується близько 200 типів клітин. Форма й будова клітин різних типів тісно пов'язані з виконуваною ними функцією. Роздивіться малюнок 6, на ньому ви бачите приклади клітин спеціалізованих типів.

Епітеліальна клітина з внутрішньої поверхні легенів (зображена на малюнку) належить до клітин плоского епітелію, вона справді нагадує плоску таріль, містить незначну кількість цитоплазми, живе короткий час — на її місце швидко приходить нова клітина. Завдяки своїй формі полегшує дифузію газів у легенях. *Нейрон* — нервова клітина, навпаки — схожа на зірку, й має довгий відросток — аксон, який сполучається з іншими клітинами, та короткі розгалужені відростки — дендрити, які збирають інформацію від інших нервових клітин і передають своїй клітині. Отже, така будова забезпечує збір і розповсюдження інформації в організмі й швидку реакцію на зміни в навколишньому середовищі. Більшість нейронів не відновлюються й живуть упродовж усього життя людини. *Кардіоміоцити*, клітини серцевого м'яза, містять скоротливі білки та мають багато мітохондрій для забезпечення енергетичних потреб постійного скорочення серцевого м'яза. *Лейкоцити*, білі (безбарвні) клітини крові, мають здатність змінювати свою форму для проникнення крізь стінки кровоносних судин у місця потрапляння в організм інфекції та захоплення й знешкодження сторонніх бактерій тощо.



Мал. 7. Статеві клітини людини

У статевих органах утворюються та дозрівають унікальні *статеві клітини* — сперматозоїди та яйцеклітини (*мал. 7*), які, на відміну від усіх інших клітин організму, мають одинарний — гаплоїдний — набір хромосом.

Слід зауважити, що поряд зі спеціалізованими існують клітини, які можуть за певних умов перетворюватись на клітини інших типів — вони мають назву *стовбурові клітини* (*мал. 8*). Цю назву вперше запропонувала американка Гейл Мартін, яка їх виділила у 1981 році.

Мал. 8. Стовбурові клітини — унікальні структури організму

Вони зосереджені в органах, які постійно утворюють нові клітини. Наприклад, клітини крові — еритроцити, які є головними транспортерами кисню, живуть лише 120 днів. Стовбурові клітини кісткового мозку дають початок новим еритроцитам упродовж усього життя людини. Епітеліальні клітини внутрішньої слизової оболонки кишечника також оновлюються кожні 72 години за рахунок стовбурових клітин епітелію.

Тканини

Тканина — це сукупність клітин, які мають спільне походження, подібні за будовою і функціями та міжклітинною речовиною, яка їх оточує. Усі тканини організму людини можна розділити на 4 основні типи: ***епітеліальна, нервова, м'язова, тканини внутрішнього середовища.*** Особливості будови, розміщення та виконувані функції представлено в таблиці на форзаці підручника.

Органи

Органи — це наступний рівень організації організму людини. Орган складається із тканин двох або більше типів. Найбільшим органом організму людини є шкіра, що складається з тканин чотирьох основних типів. Для виконання спільних функцій органи об'єднуються в ***системи органів***, які ще називаються фізіологічними системами. В організмі людини виділяють такі системи органів: кровоносну, дихальну, лімфатичну, імунну, травну, видільну, опорно-рухову, покривну, статеву, ендокринну, нервову.

Кровоносна, або серцево-судинна система — транспортує кисень, гормони, поживні речовини до клітин організму. Також вона збирає продукти життєдіяльності клітин і вуглекислий газ.

Дихальна система — насичує кров киснем та виводить із організму повітря, насичене вуглекислим газом.

Імунна система — захищає організм від збудників інфекційних захворювань та шкідливих, токсичних речовин.

Лімфатична система — транспортує лімфу між тканинами та кровоносним руслом, разом з імунною системою захищає організм від інфекцій і хвороб.

Травна система — забезпечує перетравлення їжі і всмоктування поживних речовин, мінералів, вітамінів, води.

Видільна система — виводить з організму надлишки води, солей, продуктів обміну речовин, контролює сталий водно-сольовий баланс і рівень кислотності.

Опорно-рухова система — підтримує форму тіла, захищає м'які тканини, зберігає мінеральні речовини. Бере участь у скоротливій активності різних органів та виробленні тепла, забезпечує дихальні рухи. Бере участь у кровотворенні.

Покривна система (шкіра, волосся, нігті) — забезпечує захист від механічних пошкоджень, проникнення інфекційних мікроорганізмів, утрати води, а також процеси терморегуляції.

Репродуктивна система (*статева*) — виробляє статеві клітини (сперматозоїди, яйцеклітини), статеві гормони, забезпечує розмноження.

Нервова система — збирає, обробляє та передає інформацію, регулює функції інших органів.

Ендокринна система — виробляє гормони, що регулюють взаємозв'язок між різними органами та метаболізм усього організму.

Хоча кожна з фізіологічних систем органів відповідає за виконання специфічної функції, різні системи органів об'єднуються у ***функціональні системи*** для забезпечення злагодженої роботи організму. Наприклад, одна з найбільш важливих функцій організму — це забезпечення клітин киснем і поживними речовинами та виведення продуктів обміну речовин. Для виконання даної

Мал. 9. Взаємодія між системами органів для забезпечення газообміну та доставки поживних речовин

функції потрібна злагоджена робота дихальної, кровоносної, лімфатичної, травної, видільної систем та координація з нервовою та ендокринною системами (*мал. 9*).

Висновки

1. Найменша структурна та функціональна одиниця людського організму — це клітина. Усі клітини організму походять від неспеціалізованих — стовбурових клітин. Форма спеціалізованих клітин безпосередньо залежить від виконуваних нею функцій.
2. Сукупність клітин, які мають спільне походження, подібні за будовою і функціями, утворюють тканини. В організмі людини є тканини 4-х основних типів: епітеліальна, нервова, м'язова, тканина внутрішнього середовища.
3. Об'єднання тканин двох чи більше типів формують орган. Сукупність органів для виконання спільних функцій називається система органів.
4. В організмі людини виділяють такі системи органів: кровоносна, дихальна, лімфатична, імунна, травна, видільна, опорно-рухова, покривна, ендокринна, нервова, статева.

Терміни і поняття

Епітеліальна тканина, тканина внутрішнього середовища, нервова тканина, м'язова тканина, системи органів, функціональні системи.

Контрольні запитання

1. Назвіть найменшу структурну та функціональну одиницю живого.
2. Як називаються клітини людського організму, у яких міститься гаплоїдний набір хромосом?
3. Як розрізнити на мікропрепаратах тканини: епітеліальну і власне сполучну?
4. Якій тканині властива скоротливість, а якій — провідність?
5. Установіть відповідність між системами органів та органами тіла людини.

А Ендокринна	**1** Трахея, легені	**А**	
Б Дихальна	**2** Нирки, сечовід	**Б**	
В Видільна	**3** Шлунок, стравохід, печінка	**В**	
Г Травна	**4** Спинний мозок, нерв	**Г**	
Д Нервова	**5** Щитоподібна залоза, гіпофіз	**Д**	
Е Кровоносна	**6** Аорта, серце	**Е**	

Завдання

1. Які системи органів входять до функціональної системи, що забезпечує успішне виконання фізичних вправ у тренажерному залі?
2. Які з тканин забезпечують: а) транспорт речовин по організму; б) сприйняття подразнень; в) опору тіла; г) рух тіла та його частин; д) утворення секретів (сліз, слини, жовчі)?
3. До якої системи органів належать яєчники у жінок та яєчка у чоловіків? Чи можуть ці органи одночасно належати до іншої системи органів? Так чи ні? Обґрунтуйте.

§ 3. РЕГУЛЯТОРНІ СИСТЕМИ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

Вивчивши цей параграф, ви зрозумієте: завдяки чому ми можемо підтримувати сталу температуру тіла, значення кров'яного тиску; що саме подає команду руці відсмикнутися від гарячої праски.

◆ Яка регуляторна система найголовніша в організмі: нервова чи гуморальна? Навіщо взагалі потрібні різні регуляторні системи, у чому різниця між ними?

На початку вивчення цієї теми ми дійшли згоди, що організм людини можна порівняти з державою (*мал. 1*). У будь-якої держави є вищі керівні органи, які визначають її політику, забезпечують її безпеку, встановлюють правові норми тощо. Найголовніше, вони мають важелі для передачі інформації, її отримання, обробки, й тим самим координують роботу всіх інших ланок влади (обласної, районної, міської, селищної) й кожного окремого громадянина. Як ви думаєте, які системи органів людського організму є «вищими керівними органами»? Ви не помилились — це нервова й ендокринна системи, які разом відповідають за ***гомеостаз*** — збереження сталих показників внутрішнього середовища організму (температури тіла, артеріального тиску тощо). Саме ця здатність живих систем зберігати сталий стан в умовах безперервно змінюваного середовища й зумовлює їх виживання.

Незважаючи на те, що нервова й ендокринна системи виконують подібні регуляторні функції, механізм їхньої дії має певні особливості.

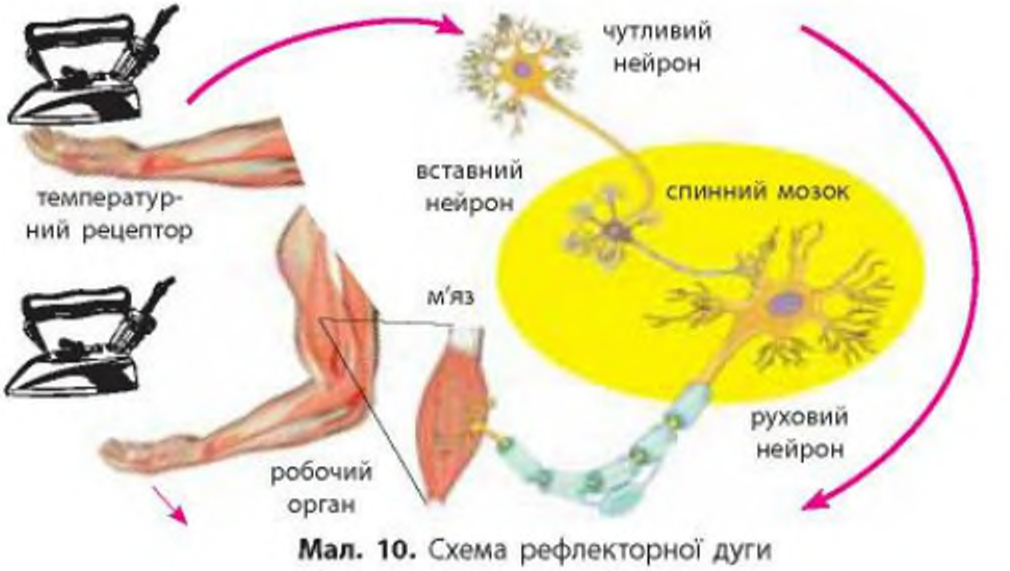
Нервова регуляція. До функцій нервової системи належить сприйняття інформації про навколишнє середовище за допомогою різноманітних спеціалізованих рецепторів (температурні рецептори реагують на зміну температури, хеморецептори — на зміну концентрації різних речовин, больові — на ці, а також і надто сильні механічні подразники). Термін «***рецептор***» уживається як для білкової молекули, що реагує на той чи інший фізичний або хімічний подразник, так і для цілої клітини, здатної реагувати на різні подразники.

Більша частина життєво важливих процесів, які регулюються нервовою системою, відбувається поза нашою свідомістю, рефлекторним шляхом. Подібно до того, як дзеркало відбиває промені світла, ***рефлекс*** — це відображення реакції організму на подразнення, що відбуваються за участі нервової системи й під її контролем. Рефлекси існують двох типів: *безумовні*, або *вроджені рефлекси*, — це свого роду «запрограмовані» відповіді на ті чи

інші подразники (рефлекси, що контролюють роботу внутрішніх органів, — скорочення стінок кишечника, виділення шлункового соку, а також ті, що контролюють скелетні м'язи); *умовні рефлекси,* які можуть формуватися та згасати протягом життя. Це вже прояви вищої нервової діяльності за участі головного мозку людини, про які ми поговоримо пізніше. Рефлекси забезпечують миттєву, мимовільну реакцію, яка відбувається ще до того, як ми встигли щось усвідомити, і в цьому полягає їх важливе біологічне значення. Наприклад, людина мимовільно відсмикує руку від гарячого предмета ще до того, як вона про це подумала, і це запобігає опіку.

Шлях, який проходить нервовий імпульс, називається ***рефлекторною дугою.*** Більшість рефлексів включає такі елементи: рецептор, чутливий нейрон, вставний нейрон, руховий нейрон та робочий орган. Як приклад розглянемо рефлекторну дугу при збудженні температурних рецепторів руки у разі доторкування до гарячої праски: активація температурних рецепторів викликає електричний сигнал у чутливому нейроні, на рівні спинного мозку (частина центральної нервової системи) він передається на вставний нейрон, який викликає збудження рухового нейрона. Останній посилає «команду» для скорочення скелетного м'яза і, відповідно, відсмикування руки (*мал. 10*).

Передача інформації між клітинами рефлекторної дуги відбувається за рахунок електричних сигналів (електричний потенціал) і хімічних імпульсів (нейропередатчики). Ця реакція розвивається протягом мілісекунд і так само швидко зникає. Таким чином, нервова регуляція дає змогу організму швидко й адресно реагувати на виклики.



Мал. 10. Схема рефлекторної дуги

Гуморальна регуляція

Ендокринна система регулює функції організму за допомогою лише хімічних речовин — гормонів. ***Гормони*** виділяються ендокринними залозами безпосередньо в кров і транспортуються до всіх органів, де вони зв'язуються зі специфічними рецепторами і таким чином викликають певні реакції. Швидкість впливу ендокринної системи залежить від типу гормона. Наприклад, введення гормона адреналіну при зупинці серця миттєво активує скорочення серцевого м'яза. Тоді як реакція на дію статевих гормонів може розвитися впродовж 48 годин. Крім того, ендокринна регуляція є менш специфічною порівняно з нервовою. Один і той самий гормон може одночасно викликати різні ефекти в різних органах. Наприклад, гормон окситоцин стимулює скорочення матки при пологах та вироблення молока при вигодовуванні малюка. Отже, нервова система забезпечує термінову реакцію на швидкі зміни в навколишньому середовищі. Ендокринна система переважно діє повільно — підтримує гомеостаз, регулює метаболізм і контролює функцію розмноження. Нервова система регулює секрецію гормонів ендокринними залозами, а деякі гормони впливають на функцію нервової системи. Окрім гормонів, інші хімічні речовини, що транспортуються кров'ю, можуть виконувати регуляторну функцію. Наприклад, при підвищенні рівня вуглекислого газу в крові прискорюється дихання. Тому часто замість поняття «ендокринна регуляція» використовується більш ширше поняття — ***гуморальна регуляція*** (від лат. *humor* — рідина) (*табл. 1*).

Таблиця 1. **Відмінні риси нервової і гуморальної регуляції**

Нервова регуляція	Гуморальна регуляція
Інформація передається нейронами у вигляді електричних імпульсів. Від клітини до клітини — хімічними речовинами — нейропередатчиками	Інформація передається біологічно активними речовинами, зокрема гормонами, що мають хімічну природу і транспортуються кров'ю
Відповідь настає миттєво (відсмикування руки від гарячої праски)	Відповідь, залежно від типу гормона, може бути повільна чи швидка
Невелика тривалість дії	Дія триваліша
Відповідь чітко локалізована	Менш чіткі межі дії
Реагує у відповідь на зовнішні і внутрішні стимули	Реагує у відповідь на внутрішні стимули

Нервова і гуморальна регуляції мають такі спільні риси:
- керують функціями організму;
- діють крізь мембрани клітин;

• центри регуляції (мозок, залози) віддалені від місця дії (органів, на які вони діють);

• клітини-ефектори переводять нервові й гуморальні сигнали у власні сигнали для контролю метаболічних реакцій і функцій.

Висновки

1. Нервова й ендокринна системи є основними регуляторними системами організму людини, які відповідають за збереження відносно стабільного стану внутрішнього середовища організму — гомеостазу.
2. Нервова регуляція здійснюється рефлекторним шляхом у відповідь на зовнішні й внутрішні стимули. Дозволяє організму швидко й адресно реагувати на виклики.
3. Гуморальну регуляцію забезпечують біологічно активні речовини, зокрема гормони, що транспортуються кров'ю. Викликають більш повільні, але триваліші ефекти.

Терміни і поняття

Гомеостаз, рефлекс, рефлекторна дуга, рецептор, гормон, гуморальна регуляція.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення терміна «гомеостаз».
2. Що таке рефлекс, які є типи рефлексів?
3. Охарактеризуйте передавання сигналу рефлекторною дугою.
4. Які особливості нервової регуляції?
5. Що таке гормон?

Завдання

1. Нервова тканина здатна сприймати зовнішні і внутрішні сигнали завдяки особливим клітинам або нервовим закінченням —… імпульс, що виникає тут, швидко передається по… нейрону в…, де передає сигнал на… нейрон, який перемикає цю інформацію на… нейрон. Це, в свою чергу, стимулює м'яз або залозу виконувати певну роботу — скорочуватися або виділяти секрет. Таким чином при здійсненні рефлексу нервовий імпульс проходить шлях, який називається…

Нейрони здатні швидко передавати сигнали на далекі відстані, тому що мають… . Окрім нейронів, нервова тканина містить…, яка забезпечує опору, захист, обмін речовин у нейронах.

Слова: аксони, рецептори, рефлекторна дуга, нейроглія, центральна нервова система, чутливий нейрон, моторний нейрон, проміжний нейрон.

2. Із запропонованих ознак виберіть ті, що властиві: *а) тільки нервовій регуляції, б) тільки гуморальній, в) обом видам регуляції* — управляють функціями організму; висока швидкість регуляції; висока точність дії; дія переважно тривала; віддаленість центрів регуляції від місця дії; здійснюється рефлекторно; здійснюється завдяки гормонам, які транспортуються кров'ю; реакція виникає і на зовнішні, і на внутрішні чинники.

§ 4. ЗНАЧЕННЯ ЗНАНЬ ПРО ЛЮДИНУ ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Вивчивши цей параграф, ви зрозумієте механізми саморегуляції організму, спрямовані на збереження стану рівноваги та здоров'я; ознайомитеся з деякими критичними станами, тривале перебування в яких може призводити до смерті.

◆ А що означає «правило трьох»? Чому при переохолодженні людина хоче спати?

Погляньте на малюнок 11 і уявіть собі, що хтось вийняв хоча б один камінець із арки — звичайно, вся споруда буде зруйнована. Аналогічна ситуація спостерігатиметься в організмі людини, якщо хоча б один орган перестане правильно працювати. У нормі всі органи й системи органів працюють злагоджено, для того щоб підтримувати незмінний стан внутрішнього середовища — гомеостаз.

Наприклад:

• **дихальна система:** при підвищенні концентрації вуглекислого газу в крові людини рефлекторно зростає частота і глибина вдихів і видихів для швидкого видалення його з організму;

• **видільна система:** у разі зниження вмісту води в організмі запускаються механізми, спрямовані на збереження води. Нирки виробляють більш концентровану сечу, й, відповідно, менше води виходить назовні;

• **ендокринна система:** підвищення концентрації глюкози в крові запускає секрецію гормона інсуліну підшлунковою залозою. Інсулін допомагає клітинам усмоктувати глюкозу з крові, й, таким чином, її концентрація в крові знижується.

Мал. 11. Модель балансу систем організму людини

Щоб ви краще уявили механізми гомеостатичної регуляції, звернемося до моделі маятника. Ось середні показники — ви́сок у вертикальному положенні. Та довелося підбігти за тролейбусом, гарненько поїсти чи просто побачити зовсім не байдужу вам особу — і висок маятника відхилиться від середніх значень. І зрушиться баланс внутрішнього середовища. Нервові й ендокринні (гуморальні) центри одержать

інформацію про зміни і ввімкнуть свої механізми регуляції. Висок знову повернеться до вертикалі.

Ваш маятник може зламатися, якщо він буде розхитаний більше, ніж здатен витримати. Тоді клітини не отримуватимуть необхідні поживні речовини, кисень для їх існування; токсичні продукти життєдіяльності організму не будуть виводитись назовні. Врешті-решт порушення балансу призведе до розвитку хвороби і навіть смерті.

Загальновідомим є «правило трьох» — скільки людина може жити без повітря, без води та без їжі — відповідно три хвилини, три дні та три тижні. Окрім цього, людина може потрапляти в ситуації з екстремальним підвищенням чи, навпаки, зниженням температури, змінами атмосферного тиску, підвищеним радіаційним випромінюванням, надмірним прискоренням, тривалим неспанням тощо (*мал. 12, а–г*). Звісно, можливості кожного організму індивідуальні, й можна шляхом тренування розширювати межі, за якими вже настає «точка неповернення» фізіологічних функцій до нормальних показників.

Можливо, ви колись чули жахливі новини про те, що атлет помер унаслідок теплового удару під час змагань або альпініст — від переохолодження. Причиною смерті стало порушення перебігу хімічних реакцій в організмі, які потребують вузьких температурних меж — близько 37 °С. Коли нам спекотно, на поверхні тіла виділяється піт, який випаровується. Таким чином вивільняється частина тепла, тіло охолоджується. У разі недостатнього вживання води, наприклад, під час перебування в пустелі, може змінитися водно-сольовий баланс і розвинуться порушення, пов'язані зі зневодненням організму.

а, б, в, г

Мал. 12. Критичні стани, що можуть вивести організм зі стану рівноваги

Тіло може підтримувати сталу температуру внутрішнього середовища при короткочасному охолодженні. Якщо ж людина засинає на відкритому повітрі, температура тіла починає падати. Падіння температури знижує здатність еритроцитів віддавати кисень, і клітини мозку втрачають основний матеріал для вироблення АТФ. Внаслідок цього людина відчуває сплутаність свідомості, сонливість, що в підсумку призводить до втрати свідомості й смерті. Падіння температури тіла нижче 21 °С неминуче призводить до смерті. Також при переохолодженні відбувається перерозподіл крові. Від кінцівок вона рухається до внутрішніх органів, і таким чином підтримуються допустимі межі внутрішньої температури тіла. Якщо такий стан є тривалим, це може призвести до обмороження кінцівок та їх незворотнього ураження і зрештою до ампутації (хірургічного видалення) обморожених ділянок.

Запам'ятайте слова великого фізіолога І. П. Павлова: «Організм сам себе підтримує, сам себе виправляє, сам себе вдосконалює». Слід лише йому допомагати в цьому — нормальне якісне харчування (не надмірне), достатня тривалість сну, одяг за сезоном, поступове, а не раптове збільшення фізичного навантаження, правильний розподіл часу і т. п. Ваше здоров'я у ваших руках. Розумійте свій організм. Слухайте його, навантажуйте його в міру, давайте йому відпочити, радійте, сумуйте, дозволяйте певний екстрим, але так, щоб маятник регуляції завжди без ризику повертався назад. Доки коливається цей маятник, доти триває наше життя...

Висновки

1. Організм людини має певні межі відхилення від середніх гомеостатичних показників (температура тіла, тиск крові). Вихід за них може призводити до незворотніх порушень фізіологічних функцій і навіть до смерті.
2. Людина може вижити без повітря, води та їжі, відповідно, три хвилини, три дні та три тижні.
3. Кожен організм унікальний, і його можливості індивідуальні. За поступового тренування певних здатностей (витримувати прискорення, зміну тиску, зневоднення) можна значно розширити межі, за якими вже настає точка неповернення фізіологічних функцій до нормальних показників.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади того, як дихальна, ендокринна й видільна системи регулюють гомеостатичні показники організму людини.
2. Чому в спеку потрібно пити більше води?
3. Чому під час переохолодження першими мерзнуть пальці на кінцівках і вушні раковини?

Завдання

1. Наведіть відомі вам приклади тренування організму людини для витримування надмірних навантажень (наприклад, зниження атмосферного тиску, пірнання).

2. Поміркуйте, які наслідки може мати ситуація, якщо турист, потрапивши в пустелю, залишиться без води. Обґрунтуйте, чому це дуже небезпечно.

Підбиваємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що організм людини — це цілісна відкрита система, яка не може існувати без постійного надходження енергії, інформації з навколишнього середовища та обміну з ним.
2. Ми дізналися, що основними властивостями біологічних систем є обмін речовин і перетворення енергії, подразливість, саморегуляція, рухливість, розвиток, розмноження, ріст.
3. Ми довідалися, що організм людини складається з клітин більш ніж 200 типів, форма та будова яких тісно пов'язані з виконуваними функціями. Сукупність клітин спільного походження формує тканини 4-х основних типів: епітеліальну, нервову, м'язову, тканини внутрішнього середовища.
4. Ми запам'ятали, що система органів — це їх об'єднання для виконання специфічної функції, а функціональна система — це взаємодія кількох систем органів для забезпечення злагодженої роботи всього організму.
5. Ми усвідомили, що здатність живих систем зберігати сталий стан (гомеостаз) в умовах безперервно змінюваного середовища й зумовлює їх виживання. Цей процес перебуває під чітким контролем нервової та гуморальної регуляції.

Знаю — вмію

- Я знаю, що таке відкрита система.
- Я знаю будову клітини та функції її основних компонентів.
- Я знаю основні типи тканин, їхню будову, розташування та функції.
- Я знаю органи та фізіологічні системи організму людини.
- Я знаю складові рефлекторної дуги та їхні функції.
- Я вмію розпізнавати основні типи тканин.
- Я можу порівняти органи й системи органів в організмі людини та інших організмів.
- Я вмію малювати схему рефлекторної дуги.
- Я можу порівняти механізми нервової і гуморальної регуляції фізіологічних функцій організму.

ОБМІН РЕЧОВИН І ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- **з чого складаються харчові продукти;**
- **про значення окремих макро- і мікропоживних речовин для життєдіяльності і здоров'я людини;**
- **про фізіологічні основи раціонального харчування;**
- **про те, як їжа може бути ліками**

§ 1. ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ОБМІН РЕЧОВИН В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ — ОСНОВНА ВЛАСТИВІСТЬ ЖИВОГО. ХАРЧУВАННЯ ТА ОБМІН РЕЧОВИН

Ви дізнаєтесь, як перетворюється й запасається енергія в організмі людини, про значення обміну речовин і з яких процесів він складається.

◆ На етикетках харчових продуктів можна побачити інформацію про їхню енергетичну цінність. Що це означає? У якому вигляді в організмі міститься енергія? Чому діабет називають цукровим?

Енергія в організмі людини

Усі процеси життєдіяльності — ріст і поділ клітин, кровообіг, травлення, м'язові скорочення, розумова діяльність тощо — постійно потребують енергії та різних речовин для їхнього перебігу. Енергія розщеплення й окиснення складних хімічних речовин не тільки зігріває наш організм, а й робить можливим виконання фізичної роботи й синтез нових речовин — загалом, вона уможливлює всі клітинні функції. Процес вивільнення енергії з органічних сполук шляхом їх окиснення (з утворенням вуглекислого газу і води) називають ***клітинним диханням***. Енергію цих хімічних реакцій потрібно якимось чином тимчасово зберегти й передати з місця, де вона утворилася (мітохондрії клітин), у місця, де вона потрібна для виконання клітинних функцій. Роль універсального переносника хімічної енергії в організмі виконують молекули ***аденозинтрифосфату*** — ***АТФ***. Утворення АТФ є невід'ємною складовою частиною клітинного дихання. Недарма АТФ часто називають «грошовою одиницею» обігу енергії.

Кількісна характеристика енергії

У біології і дієтології (наука про харчування) для виміру кількості теплової енергії використовується одиниця ***калорія*** (кал). Одна калорія — це кількість енергії, яка необхідна для нагрівання 1 г води на 1 °С, за нормальних умов (1 кал = = 4,2 Джоуля). Калорія — це досить маленька кількість енергії, тому, як правило, застосовується її похідна одиниця — 1 ***кілокалорія*** (ккал) = 1000 кал.

Енергетична цінність харчового продукту (тобто будь-якої речовини, призначеної для харчування людини) — це кількість енергії, що утворюється під час повного її окиснення й використовується для фізіологічних потреб організму.

Обмін речовин

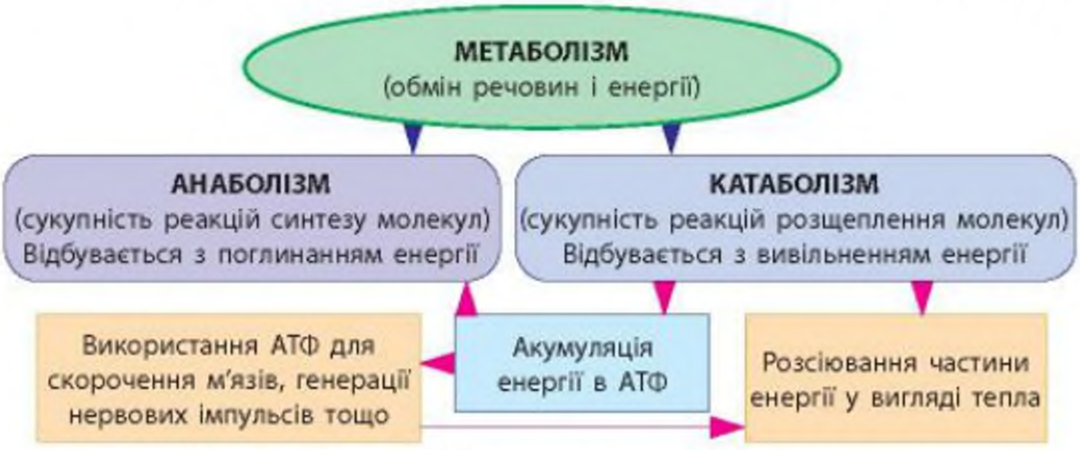
Окрім енергії, клітинам постійно потрібен і певний будівельний матеріал для їх відновлення, росту й функціонування, а для цього їм необхідні різні хімічні «цеглинки». ***Мінеральні*** й ***незамінні поживні речовини*** не утворюються в нашому організмі й тому мають надходити з їжею. Одні з таких речовин вам, напевно, вже добре відомі — це вітаміни. ***Макропоживні речовини*** — вуглеводи, жири й білки — є не тільки джерелом енергії, а й будівельним матеріалом для синтезу речовин власного організму. Для цього ці великі макромолекули спочатку треба розщепити на їхні простіші складові компоненти — глюкозу, жирні кислоти й амінокислоти.

Обмін речовин, або ***метаболізм*** (від грец. *metabole* — зміна, перетворення), складається із сукупності реакцій розщеплення (***катаболізм***) й утворення нових молекул (***анаболізм***) (*мал. 1.1*). Перші супроводжуються вивільненням енергії, а другі, навпаки, використовують цю енергію. Однією з найважливіших сполучних ланок у цій складній мережі хімічних реакцій є молекула АТФ, що містить особливі, багаті на енергію хімічні зв'язки — ***макроергічні зв'язки***. Дуже важливу роль в енергетичному обміні відіграє також глюкоза, що виконує роль найбільш доступного й універсального «пального» для отримання енергії.

Нарешті, абсорбовані «прості» молекули, які не потрібні в поточний момент часу для отримання енергії, перетворюються в «депо» (тобто сховище) енергії. Цю роль відіграють глікоген (тваринний крохмаль) і жири. Такі реакції також належать до анаболізма: тому вони потребують витрат енергії.

Регуляція обміну речовин

Більшість метаболічних реакцій відбувається за участі ***ферментів*** — білків-каталізаторів, які не тільки значно прискорюють їх перебіг, а й регулюють швидкість обміну речовин і енергії



Мал. 1.1. Схема обміну речовин в організмі людини

відповідно до потреб. Багато вітамінів і мікроелементів, з якими ми пізніше ознайомимося детальніше, регулюють активність ферментів.

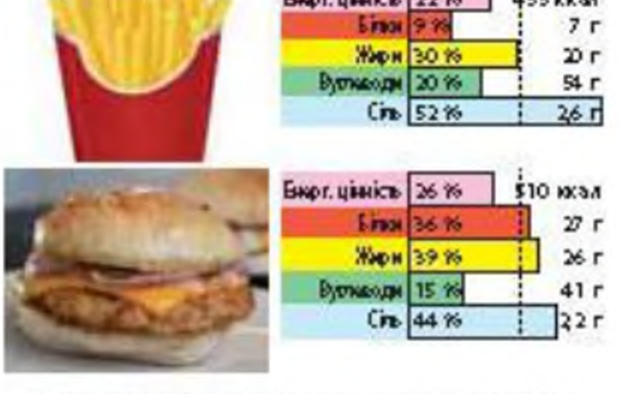
Ключову роль у регуляції метаболічних реакцій відіграють і ендокринні сигнали (від грец. *endon* — всередині і *krino* — виділяю, дослівно: «той, що виділяє гормони»), у ролі яких постають *гормони*. Наприклад, гормон *інсулін*, що утворюється в спеціалізованих клітинах підшлункової залози, сприяє транспортуванню глюкози із крові всередину клітин.

Порушення обміну речовин

Обмін речовин порушується внаслідок різних захворювань, особливо при ендокринних розладах, які найчастіше виникають при порушенні утворення гормонів. Так, *цукровий діабет* розвивається як через брак інсуліну, так і через нечутливість клітин до цього гормона, внаслідок чого рівень глюкози в крові стійко підвищений (*мал. 1.2*). З часом це викликає постійну спрагу, підвищений артеріальний тиск, порушення зору і функцій нирок, больові відчуття. Значні метаболічні розлади також виникають під час тривалого голодування або переїдання, а також під час зловживання алкоголем і прийому деяких ліків.

Мал. 1.2. Для дослідження діабету вчені використовують тваринні моделі. Ліворуч — миша, хвора на цукровий діабет; праворуч — здорова

Існує навіть медичний термін — *метаболічний синдром* (від грец. *syndrome* — збіг, накопичення), тобто цілий ряд пов'язаних між собою проблем, що виникають унаслідок ожиріння, діабету й підвищеного тиску крові, а це збільшує ризик серцево-судинних та інших захворювань. Серед факторів ризику виникнення таких порушень є як спадкові, так і поведінкові: нераціональне харчування (згадаємо фастфуд, у якому страви мають високий вміст жирів (*мал. 1.3*), та вислів «швидка їжа — швидкий крок до хвороби»), надмірна маса тіла та малорухливий спосіб життя.



Мал. 1.3. Типовий склад страв фастфуду

Висновки

1. Усі процеси життєдіяльності постійно потребують енергії та різних речовин для їхнього перебігу.
2. Клітинне дихання — це процес отримання енергії з хімічних сполук шляхом їх окиснення та накопичення її в молекулах АТФ.
3. Сукупність усіх перетворень молекул, які відбуваються в організмі, складає обмін речовин, або метаболізм.
4. Обмін речовин складається із сукупності реакцій розщеплення складних молекул на їхні складові частини з вивільненням енергії (катаболізм) та сукупності протилежних процесів утворення нових молекул (анаболізм), які потребують витрат енергії.
5. Усі реакції обміну відбуваються за участі ферментів. Обмін речовин регулюють гормони, порушення вироблення яких призводить до важких захворювань.

Терміни і поняття

Клітинне дихання, аденозинтрифосфат (АТФ), макроергічний зв'язок, калорія, харчовий продукт, енергетична цінність харчового продукту, незамінні поживні речовини, макропоживні речовини, обмін речовин (метаболізм), катаболізм, анаболізм, фермент, гормон, цукровий діабет.

Контрольні запитання

1. Яка роль в організмі молекул АТФ?
2. Які речовини з тих, що надходять із їжею, є джерелом енергії?
3. Яке значення клітинного дихання для організму?
4. За допомогою чого відбувається регуляція метаболічних реакцій?
5. Які порушення обміну речовин ви знаєте?

Завдання

На окремому аркуші накресліть таблицю та почніть заносити в неї дані про склад продуктів, які ви споживаєте (з етикеток, наприклад, *мал. 1.3*). Також заведіть щоденник вашого харчування, у якому регулярно занотовуйте час прийому їжі та кількість спожитих продуктів. Ці дані знадобляться для виконання останнього в цій темі завдання.

Назва продукту	Склад на 100 г (для напоїв на 100 мл)			Енергетична цінність (ккал/100 г)
	Білки	Жири	Вуглеводи	

§ 2. ЇЖА ТА ЇЇ КОМПОНЕНТИ. СКЛАД ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ. ЗНАЧЕННЯ ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Ви дізнаєтеся про основні компоненти харчових продуктів, про роль макро- і мікропоживних речовин і про значення води для організму.

- Чому одні фрукти кислі, а інші солодкі? Чи є якась користь від жирів? Скільки води потрібно організму щодня? Чи можна поповнити всі енергетичні витрати шоколадом? Чому нас переконують, що необхідно їсти багато фруктів і овочів?

Харчові продукти містять макро- і мікропоживні речовини, а також воду (*мал. 1.4*). Основна різниця між макро- і мікропоживними складовими їжі полягає не тільки в тій кількості, у якій вони нам потрібні, а й у їхньому фізіологічному значенні, адже макропоживні речовини містять енергію, тоді як мінеральні речовини і вітаміни не є джерелом енергії. Потреба у поживних речовинах залежить від багатьох факторів — статі, віку, маси тіла, функціонального стану організму.

Розглянемо три класи макропоживних речовин, які потрібні людині у великій кількості.

Білки

Білки складаються з *амінокислот*, які поєднуються в довгі ланцюги. Будова вже відомого нам гормона інсуліну наведена на

Мал. 1.4. Поживний склад продуктів харчування

Мал. 1.5. Молекула інсуліну людини. Сині і фіолетові ку́льки позначають різні амінокислоти

малюнку 1.5. Білки, а також окремі амінокислоти, мають велике значення для життєдіяльності організму. Наведемо деякі важливі приклади цього положення:

- білки є основою м'язів, шкіри, волосся;
- вони регулюють більшість біологічних процесів (згадайте вже знайомі нам приклади ферментів і гормонів);
- білки забезпечують імунний захист організму;
- вони транспортують кисень, поживні речовини та інші життєво важливі речовини;
- білки забезпечують транспорт різних речовин крізь мембрани клітин, генерацію та проведення нервових імпульсів.

Білки містяться у великій кількості в багатьох продуктах тваринного походження (молочні продукти, м'ясо, риба, птиця, яйця), а також в деяких продуктах рослинного походження (горіхи, бобові культури). Під дією ферментів травного тракту білки розщеплюються до окремих амінокислот. Остаточне перетворення амінокислот відбувається головним чином у клітинах печінки — гепатоцитах, де з білків утворюються переважно вода, вуглекислий газ та аміак. Енергетична цінність білків становить 4,1 ккал на 1 г (17 кДж/г).

Вуглеводи

Вуглеводи — це органічні сполуки, у яких атоми Карбону, Оксигену й Гідрогену формують невеликі молекули — ***сахариди***, які й слугують окремими «цеглинками» для побудови вуглеводів. Відповідно до кількості таких «цеглинок» в одній молекулі вуглеводи поділяють на прості й складні.

Мал. 1.6. Структура полісахаридів і процес їх розщеплення

Прості вуглеводи містять лише один або два сахариди, тобто це прості цукри. Прикладами таких молекул є глюкоза, фруктоза (міститься у фруктах), лактоза (молочний цукор) і сахароза (буряковий або тростинний цукор) — саме його ми додаємо в чай або каву. Молекула сахарози складається з глюкози та фруктози.

Складні вуглеводи, або ***полісахариди***, побудовані з великої кількості сахаридів, що мають розгалужену структуру (*мал. 1.6*). До них належать крохмаль, що міститься в продуктах рослинного походження (овочі, зернові), глікоген (або тваринний крохмаль) та рослинна клітковина (харчові волокна), яка містить целюлозу — найпоширеніший у природі полісахарид, що входить до оболонки клітин рослин.

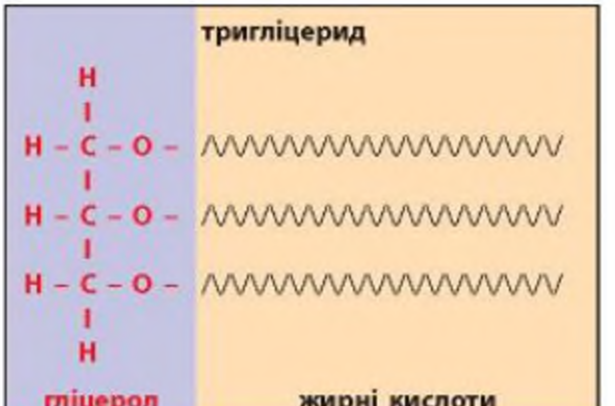
У процесі травлення полісахариди розщеплюються на прості цукри (*мал. 1.6*), які потрапляють у кровообіг через стінки кишечника. Після прийому їжі у кров надходить велика кількість глюкози, з якої під контролем інсуліну в печінці та м'язах утворюється глікоген, що відкладається про запас як безпосередній резерв глюкози. Навпаки, між прийомами їжі вже інші гормони стимулюють розщеплення глікогену до глюкози і постачання її до мозку та інших органів. Енергетична цінність вуглеводів становить 4,1 ккал на 1 г (17 кДж/г).

Жири

Жири (а саме жири тварин та олії рослин) складаються з органічної речовини гліцерола і приєднаних до нього трьох нерозчинних у воді жирних кислот (*мал. 1.7*). Тому ці молекули ще називають ***тригліцеридами***.

Жири виконують функцію головного («довготривалого») резерву енергії, адже серед інших макропоживних речовин їх енергетична цінність є найвищою і становить 8,8 ккал на 1 г (37 кДж/г). Крім того, підшкірний жир є важливим для термоізоляції і механічного захисту тіла. Саме в жировій тканині зберігаються деякі вітаміни. Вона також слугує для підтримки внутрішніх органів, наприклад, нирок.

Жири містяться в продуктах як тваринного (молоко, вершкове масло, м'ясо, сало), так і рослинного походження (соняшникова, кукурудзяна й оливкова олії). Жири не розчиняються у воді, і тому в крові вони транспортуються у вигляді комплексів з білками. За їхньої високої концентрації на внутрішній поверхні кровоносних судин формуються *холестеринові бляшки*, що може призвести до повної закупорки судини, а це значно підвищує ризик інфаркту або інсульту. Тому так важливо стежити за рівнем **холестерину** в крові.



Мал. 1.7. Структура жирів

Мікропоживні речовини

Мінеральні речовини потрібні для підтримання водно-сольового балансу організму, сталості між- та внутрішньоклітинного середовища, структури й функцій біологічних макромолекул. Докладніше про це — в наступному параграфі. Багато їх міститься в рослинних, молочних продуктах і морепродуктах (*мал. 1.8*).

Мал. 1.8. Багаті на вітаміни і мінерали продукти

Вітаміни — це органічні сполуки різної структури, які вкрай потрібні для обміну речовин. Вітаміни поділяються на ті, що розчиняються у воді (водорозчинні) — вітамін C і всі вітаміни B, і ті, що розчиняються у жирах (жиророзчинні) — вітаміни A, D, E і K. Водорозчинні вітаміни не зберігаються в організмі довго, тому що вони легко втрачаються з рідиною. Жиророзчинні вітаміни накопичуються в жировій тканині. Основними джерелами вітамінів є крупи, фрукти, овочі, молочні продукти, горіхи й насіння (*мал. 1.8*). Більшість вітамінів не може утворюватися в організмі людини, але вітамін D синтезується в шкірі під дією сонячного світла, а вітамін B_6 синтезується мікробіотою кишечника.

Вода

Усі хімічні реакції в організмі людини відбуваються у водних розчинах, тому без води життя неможливе. Загальна кількість рідини складає понад 60 % маси тіла людини, а у плазмі крові її вміст досягає 90 %. Кожного дня організм людини втрачає приблизно 2–3 л води, і ці втрати мусять постійно поповнюватися. ***Обов'язкова щоденна втрата води*** відбувається шляхом випаровування через шкіру й легені, втрату з сечею, потом і калом. Помірний надлишок води легко виводиться з сечею, а недостатнє її споживання спричиняє зневоднення організму (дегідратація), про що свідчать зниження тиску крові, головний біль, запаморочення.

Висновки

1. Харчові продукти містять макро- і мікропоживні речовини, а також воду. До макропоживних речовин, які потрібні у великій кількості, належать білки, вуглеводи й жири.
2. Білки виконують структурну, регуляторну, транспортну, захисну та інші функції. Вони складаються з амінокислот, до яких і розпадаються у процесі травлення.
3. Прості вуглеводи (цукри) є швидким, легкодоступним джерелом енергії. До полісахаридів належать крохмаль, глікоген, целюлоза, що побудовані із залишків простих цукрів.
4. Жири складаються з гліцеролу і приєднаних до нього трьох жирних кислот. Жири є резервом енергії, забезпечують термоізоляцію та механічний захист.
5. Мікропоживні речовини (мінеральні речовини й вітаміни) і вода не містять енергії, але вони надзвичайно важливі для підтримання водно-сольового балансу організму та для обміну речовин і енергії.

Терміни і поняття

Білки, амінокислоти, прості і складні вуглеводи, жири, тригліцериди, холестерин, мінеральні речовини, вітаміни, обов'язкова щоденна втрата води.

Контрольні запитання

1. Які функції можуть виконувати білки в організмі людини?
2. Які з вуглеводів використовуються як швидке джерело енергії, а які виконують накопичувальну роль?
3. Які перетворення відбуваються в печінці з вуглеводами?
4. Яка роль певних запасів жиру в організмі людини?
5. Порівняйте енергетичну цінність білків, вуглеводів і жирів. Які речовини вигідніше запасати для резерву енергії?
6. До яких порушень може призводити надлишок жирів у харчовому раціоні?
7. Які вітаміни належать до водорозчинних, а які — до жиророзчинних?

Завдання

1. Визначте, яким речовинам — білкам, жирам чи вуглеводам — відповідає кожна із запропонованих характеристик: складаються з амінокислот; складаються з гліцеролу і жирних кислот; містять Карбон, Оксиген і Гідроген; відкладаються для резерву в печінці у вигляді глікогену; є основним компонентом м'язів і волосся; нерозчинні у воді; переважно солодкі на смак, у великій кількості містяться у фруктах.

2. Підготуйте повідомлення (чи інформацію) на тему «Як не втратити вітаміни під час зберігання харчових продуктів та приготування страв».

3. Кафе пропонує на сніданок такі страви: хліб — білий, житній або висівковий; яєчня з беконом, варені яйця або омлет; варені сардельки, салямі або шинка; мюслі з молоком, вівсяна каша із сухофруктами або тости з маслом і джемом; йогурт або сир; солодкі булочки, тістечка або фрукти; кава, чай зелений або чорний (з цукром або без), фруктовий сік.

Який вигляд матиме ваш «ідеальний» сніданок? Обґрунтуйте свій вибір.

§ 3. ХАРЧОВІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОТРЕБИ ЛЮДИНИ

Ви дізнаєтеся про те, як підтримується енергетичний баланс організму, про індекс маси тіла та як він розраховується, а також про проблеми, що пов'язані з недостатнім харчуванням, надмірною масою тіла й ожирінням.

◆ Скільки треба споживати їжі, щоб при цьому не хворіти і не мати ожиріння? Чому виникає ламкість і сухість нігтів? Чому спортсменам потрібно споживати багато білків? Чи ефективні модні низькокалорійні дієти?

Значення харчування

Харчування людини — один із найважливіших факторів, від якого залежить її життя і здоров'я. Їжа є джерелом енергії та різних речовин, необхідних для відновлення й функціонування організму. Раціональне харчування забезпечує підтримання сталого складу внутрішнього середовища, високу працездатність і гармонійний розвиток людини. Навпаки, нераціональне харчування ослаблює організм людини, сприяє розвитку різних захворювань, веде до зниження працездатності та передчасного старіння.

Правила раціонального харчування

Раціональне харчування охоплює такі його аспекти:

• відповідність хімічного складу їжі фізіологічним потребам організму та його енергетичним витратам;

• забезпечення постійного складу і балансу внутрішнього середовища організму;

• повноцінність, різноманітність та оптимальна кількість харчових речовин;

• збалансованість, тобто забезпечення оптимального співвідношення між різними компонентами продуктів харчування;

• якість та безпечність харчових продуктів;

• дотримання правильного режиму харчування, рівномірний розподіл калорійності протягом дня;

• умови прийому їжі: не слід їсти похапцем, на ходу, перед сном, відволікатися на сторонні справи тощо, оскільки це знижує апетит і пригнічує секрецію травних соків.

Енергетичний баланс

Яким чином наш організм запасає та використовує енергію, залежить від багатьох факторів — режиму харчування, швидкості обмінних процесів, фізіологічного стану організму, наявності захворювань, стресу тощо. Енергетичні потреби організму вищі

в періоди росту, вагітності, під час інфекційних захворювань (особливо коли підвищується температура тіла) та після травм. Шляхи перетворення енергії — її запасання чи використання — головним чином контролюють гормони.

У біологічних системах, як і взагалі у природі, діє універсальний *закон збереження енергії* — енергія ізольованої системи є постійною, вона лише може перетворюватися з одного виду в інший, але не може сама по собі утворюватися або кудись зникати. Тому ми можемо записати просте рівняння:

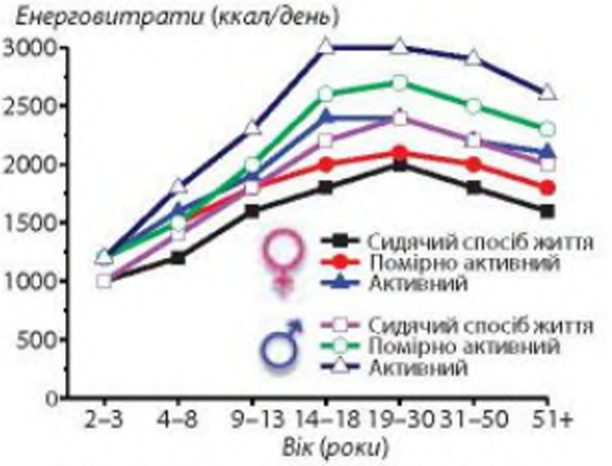
Спожита енергія = Витрачена енергія + Збережена енергія

Це рівняння є основою для розуміння енергетичного балансу організму. Зокрема, якщо витрачена енергія дорівнює спожитій енергії, то запас енергії в організмі — в основному це кількість жирової клітковини — залишається постійним, тому і маса тіла не змінюється. У такому випадку вся спожита енергія перетворюється на виконану роботу й на тепло. Навпаки, якщо маса тіла змінюється, то це може бути ознакою порушення балансу енергії.

На що організм витрачає енергію

Передусім, це ***основний обмін*** — тобто та енергія, що витрачається на підтримання життєдіяльності людини в стані повного спокою та за комфортної температури зовнішнього середовища. Для людини масою 70 кг її кількість становить 1,2 ккал (5 кДж) за хвилину, або 1728 ккал (7260 кДж) на добу. Ця енергія потрібна для підтримання температури тіла, тонусу м'язів, активності мозку, скорочень серця, вентиляції легенів, процесів травлення тощо. Її кількість залежить від статі, маси тіла й віку людини. Після прийому їжі основний обмін у середньому підвищується на 10 %.

За помірної фізичної активності на основний обмін загалом витрачається 60–80 % усієї енергії, а решта припадає на ***механічну роботу***. Як рівень фізичної активності, так і кількісні показники енергії основного обміну в різних людей можуть істотно відрізнятися. Однак існують важливі закономірності для *середньої добової потреби в енергії*. Вона зростає в дитинстві по мірі зростання маси тіла, сягає максимуму в молодому віці, а потім починає поступово зменшуватися (***мал. 1.9***).



Мал. 1.9. Середньодобова потреба в енергії залежно від статі, віку і фізичної активності

Що таке індекс маси тіла

Стала маса тіла є індикатором дотримання балансу енергії. Для того щоб оцінити відповідність між масою і зростом людини, розраховують ***індекс маси тіла*** (***ІМТ***):

$$IMT = M/h^2,$$

де M — маса тіла в кг, h — зріст у метрах.

У нормі цей показник становить 18,5–25. $IMT < 18{,}5$ свідчить про недостатню, а $IMT > 25$ — про надмірну масу. Якщо $IMT > 30$, людина вже починає страждати від ожиріння різного ступеня. Така відповідність справедлива лише для дорослих, але навіть із таким обмеженням *ІМТ* потрібно застосовувати дуже обережно. Адже треновані атлети з розвиненою мускулатурою за цим індикатором потрапляють у категорію людей з ожирінням! Для більш об'єктивної оцінки потрібно визначити точний вміст жиру в тілі, а це вже потребує спеціальних методів. Приблизну його оцінку дають вимірювання товщини підшкірно-жирових складок, як показано на малюнку 1.10.

Мал. 1.10. Вимірювання товщини жирової прокладки на животі

Харчові потреби людини

Їжа — це дуже складна суміш різних речовин (*мал. 1.4*), основне призначення яких — це забезпечення постійних потреб організму в енергії та синтезі нових речовин. Усі потрібні нашому організму мінеральні речовини, значна кількість води та органічних речовин є *незамінними*, тобто вони не можуть утворюватись в організмі. За їх дефіциту, який може виникати і через недостатнє надходження, і через проблеми із засвоєнням, можуть виникати важкі розлади обміну речовин, а також порушуватися водно-сольовий баланс.

Білки людини складаються з 20 різних амінокислот. Дев'ять із них, за результатами останніх досліджень, є незамінними. Унаслідок дефіциту ***незамінних амінокислот*** організм починає добувати («позичати») їх із власних м'язів, і тому першим симптомом цього є втрата м'язової маси. Інші симптоми — зниження імунітету, слабкість, швидка втомлюваність та зміни в структурі шкіри і волосся. Амінокислоти в організмі людини не запасаються, тому білки потрібно отримувати з їжею щодня. Для дорослих рекомендована кількість білків у їжі становить 0,8 г на 1 кг маси на добу.

Вуглеводи — менш важливий будівельний матеріал для клітин. Натомість їхнє основне призначення — це забезпечення енергетичних потреб організму. Дієтологи радять споживати вуглеводи у кількості, яка б задовольняла близько 55 % загальної потреби людини в енергії. При цьому серед вуглеводів цукрів має бути не більше 10 %.

Жири за умов раціонального харчування мають задовольняти близько 35 % загальних енергетичних потреб організму. Як і у випадку з амінокислотами, існують **незамінні жирні кислоти**, які не можуть бути синтезованими в організмі людини. Вони важливі для певних біологічних процесів, а не для отримання енергії. Такі жирні кислоти містяться в риб'ячому жирі, яйцях, соєвій олії, горіхах, соняшниковому й гарбузовому насінні.

Деякі *мінеральні речовини* містять необхідні організму хімічні елементи, що потрібні людині у відносно великій кількості — більше 200 мг на день (1 мг = 0,001 г). Це — макроелементи, такі як Натрій (1,5–3 г), Калій (2,5–5 г), Кальцій (1,3 г), Магній (0,4 г), Хлор (2,3–3,5 г), Сульфур (1,3 г), Фосфор (1,2 г). Інші необхідні в мікроскопічних кількостях, і тому їх називають ***мікроелементами***. Це Ферум (для чоловіків: 12–18 мг, для жінок: 20–30 мг), Цинк (10–15 мг), Купрум (1–3 мг), Флуор (3–4 мг), Йод (0,2 мг), Селен (0,1 мг). Мікроелементи часто необхідні для підтримання активності ферментів чи гормонів. За збалансованого харчування малоймовірно, що у людини виникне нестача мінеральних речовин, яка може призвести до серйозних розладів. Наприклад, Кальцій необхідний для побудови кісткової тканини, і тому його брак спричиняє ***остеопороз*** — кістки стають ламкими, страждають зуби. У разі нестачі Феруму виникає ***малокрів'я*** (***анемія***), адже він входить до складу кисень-транспортуючого білка гемоглобіну. Щитовидна залоза синтезує особливі гормони, які містять йод. Захворювання людини, відоме як **зоб** (*мал. 1.11*), виникає в деяких місцевостях, де ґрунт і, відповідно, природна питна вода містять мало Йоду. При цьому захворюванні щитоподібна залоза збільшується в розмірах, починає тиснути на трахею й судини, заважаючи диханню та кровообігу.

Мал. 1.11. Людина, хвора на зоб

Добова потреба у різних **вітамінах** різна: від декількох мікрограм (вітамін B_{12}), до десятків міліграм — вітамін C. За нестачі вітамінів також виникають серйозні розлади. Наприклад, нестача вітаміну D, який відповідає за засвоєння Кальцію й Фосфору, спричиняє у дітей ***рахіт***, що призводить

до деформації кісток. За нестачі в організмі вітаміну C виникає небезпечне захворювання — ***цинга***, унаслідок чого страждають нервова система, шкіра, слизові оболонки, зуби, виникає анемія. Вітамін B_{12} потрібен для кровотворення й для підтримання функцій нервової системи. Проблеми з нігтями, їх ламкість, сухість і розшарування також можуть свідчити про дефіцит вітамінів B_{12}, C і B_9 (фолієва кислота), а також Кальцію.

Що означає недостатнє чи надмірне харчування

Недостатнє харчування може бути наслідком голодування, хронічних захворювань, які спричиняють зниження апетиту, та проблем із засвоєнням поживних речовин. У людини виникає слабкість, зменшується маса м'язів, знижується імунітет, у дітей відбувається затримка росту й розвитку.

Надмірне харчування призводить до ***ожиріння***. Воно є спадковим, але вживання великої кількості висококалорійної їжі, поєднане з фізичною пасивністю, значно сприяє його поширенню. Енергетична цінність кожного продукту залежить від співвідношення різних макропоживних речовин. За цим параметром вони поділяються на продукти з низькою, середньою та високою енергетичною цінністю (*табл. 1.1*).

Таблиця 1.1. **Класифікація продуктів за їхньою енергетичною цінністю**

Низька	Середня	Висока
Фрукти й овочі, ягоди, знежирені молочні продукти, яйця, нежирні м'ясо й риба, відварний рис, овочеві супи	Хлібобулочні й макаронні вироби, крупи, м'ясо й риба середньої жирності, сметана, вершки, кисломолочний сир	Тваринні жири, вершкове масло, олії, сало, тверді сири, жирна свинина, солодощі, чипси, мед, майонез

Ожиріння збільшує ризики виникнення серцево-судинних і ракових захворювань, цукрового діабету, ураження кісток і загалом знижує якість життя. Споживання зайвих 6000–7000 ккал призводить до збільшення маси тіла на 1 кг, а найкращий спосіб їх позбутися — підвищити рівень фізичної активності. Для зменшення надмірної маси тіла застосовуються також низькокалорійні дієти, але тільки після консультації з лікарем-дієтологом.

Висновки

1. Їжа є джерелом енергії та різноманітних речовин, які постійно потрібні для відновлення і функціонування клітин.
2. Відповідно до закону збереження енергії вся спожита з продуктами харчування енергія забезпечує витрати організму та її зберігання, в основному у формі жирів і глікогену.

3. Енергія витрачається організмом на основний обмін і фізичну активність.
4. Окрім енергетичних потреб, харчування має задовольняти потреби організму в незамінних амінокислотах і жирних кислотах, мінеральних речовинах і вітамінах.
5. Раціональне харчування передбачає повну відповідність раціону всім фізіологічним потребам організму, його повноцінність, різноманітність, збалансованість, а також дотримання правильного режиму прийомів їжі.

Терміни і поняття

Раціональне харчування, енергетичний баланс, основний обмін, індекс маси тіла, незамінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти, остеопороз, малокрів'я (анемія), рахіт, цинга, ожиріння.

Контрольні запитання

1. Яких правил раціонального харчування необхідно дотримуватися?
2. Чому їжу, що містить білки, потрібно споживати щодня?
3. Назвіть два класи мікропоживних речовин і наведіть приклади речовин кожного класу.
4. Які проблеми зі здоров'ям можуть виникати за нестачі мінеральних речовин? Наведіть приклади таких порушень.
5. Які захворювання виникають за нестачі вітамінів C, D, B_{12}? Які ознаки цих захворювань?

Завдання

1. Виберіть, які з речовин не можуть синтезуватися в організмі людини: незамінні амінокислоти, замінні амінокислоти, незамінні жирні кислоти, глікоген, жири, вітамін C, вітамін D, вітамін B_{12}. Які з цих речовин не є джерелом енергії?

2. Дізнайтесь в Інтернеті про харчування людини за надзвичайних умов (наприклад, космонавтів, альпіністів, дослідників Арктики, під час тривалих подорожей пустелями тощо) та проведіть дискусію на цю тему з однокласниками.

3. Проаналізуйте свій щоденник харчування:

а) підсумуйте щоденну та середню щоденну кількість спожитих за час спостережень: білків, вуглеводів, жирів, енергії;

б) визначте середню кількість прийомів їжі щодня та інтервал між ними;

в) здобуті результати занесіть у таблицю;

г) порівняйте ці результати з даними, наведеними на мал. 1.9, для середньодобової потреби в енергії (з урахуванням статі, віку й рівня фізичної активності), а також з іншими нормами раціонального харчування, про які ви дізналися під час вивчення цієї теми;

д) зробіть висновки щодо дотримання правил раціонального харчування. Якщо виявлені якісь відхилення від них, запропонуйте потрібні корективи свого раціону та режиму харчування.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що раціональне харчування є основою здорового способу життя, адже всі процеси життєдіяльності й функції організму постійно потребують енергії та різноманітних речовин для їх забезпечення.
2. Ми запам'ятали, що харчові продукти складаються з макропоживних речовин — білків, вуглеводів і жирів, та мікропоживних речовин — мінералів і вітамінів. Усі ці компоненти потрібні для забезпечення синтетичних і енергетичних потреб організму.
3. Ми довідалися, що для повноцінного, збалансованого харчування потрібно вживати різноманітні продукти.
4. Ми дізналися, як підтримується енергетичний баланс організму.
5. Ми усвідомили, що зайва маса тіла — це узагальнений показник порушення енергетичного обміну в бік надлишку енергії. Ми знаємо, що найкращий і найбільш ефективний спосіб позбутися зайвих калорій — збільшення фізичного навантаження.
6. Водночас ми взяли до уваги, що жирова тканина виконує ряд важливих функцій. Як надмірне, так і недостатнє харчування шкідливі для здоров'я.

Знаю — вмію

- Я знаю харчові та енергетичні потреби людини.
- Я знаю склад харчових продуктів і вмію розрізнити продукти з високим вмістом білків, вуглеводів і жирів.
- Я знаю функціональне значення для організму білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин і води.
- Я знаю режим раціонального харчування.
- Я знаю продукти з низькою, середньою та високою енергетичною калорійністю.
- Я знаю, речовини яких класів забезпечують мої енергетичні потреби, і як саме це відбувається в моєму організмі.
- Я знаю, як енергетичні потреби людини залежать від її ваги, статі, віку й рівня фізичної активності.
- Я знаю, що вітаміни вкрай потрібні для обміну речовин і що вони поділяються на водорозчинні і жиророзчинні.
- Я знаю, що означає індекс маси тіла, і вмію його розрахувати.
- Я знаю, чому потрібно спостерігати за вагою тіла.

ТРАВЛЕННЯ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- як відбувається процес травлення в організмі людини;
- які функції печінки та підшлункової залози у травленні;
- навіщо кишечник людини заселений трильйонами бактерій;
- які захворювання органів травлення найпоширеніші та як їм запобігти

§ 1. БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ ТРАВНОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтесь, що таке процес травлення; для чого він узагалі потрібен; завдяки яким структурним і функціональним особливостям травної системи він відбувається.

◆ Якщо я стану догори ногами, чи потрапить у мій шлунок піца і чи буде вона перетравлюватись?

На відміну від рослин, які самостійно виробляють органічні речовини із неорганічних — вуглекислого газу, води та аміаку, організм людини має отримувати органічні речовини разом з їжею для росту та функціонування його клітин.

Ви вже знаєте, що їжа, яку ви споживаєте, крім води, мінеральних солей та вітамінів, містить білки, жири й вуглеводи — це складні органічні сполуки амінокислот, простих цукрів, жирних кислот, гліцеролу. Наприклад, для життєдіяльності клітин вашого організму не важливо, у якому вигляді він отримав білок — із котлети чи біфштекса. Головне, що це було джерело необхідних поживних речовин — амінокислот, із яких клітини синтезують власні білки. Проте тут є невелика проблема. Мембрана клітин взагалі не здатна пропускати великі складні молекули (полімери). Лише молекули простих сполук мають достатньо малий розмір, щоб потрапити до клітин і забезпечити їхню життєдіяльність.

Отже, людині, як будь-якому багатоклітинному живому організмові, необхідна система органів, що забезпечуватиме послідовне перетворення складніших органічних сполук на прості. Ця система має назву травна система, яка саме й забезпечує процес травлення.

Травлення — процес розщеплення складних органічних сполук (білків, жирів, вуглеводів) на більш прості, які можуть всмоктуватися в кров і лімфу й надходити у клітини організму.

Будова травної системи

Головною частиною травної системи людини є *травний канал*, який починається ротовою порожниною і закінчується анальним отвором. Довжина травного каналу дорослої людини становить 9 м. Їжа, що потрапляє до ротової порожнини, почергово переходить у глотку, стравохід, шлунок, тонку та товсту кишки, а неперетравлені рештки виводяться через анальний отвір (*мал. 2.1*).

До складу травної системи входять *допоміжні органи* — три пари слинних залоз, підшлункова залоза, печінка з жовчним міхуром. Ці органи дістали такі назви, тому що виробляють та зберігають речовини, які допомагають травленню, але їжа крізь них не проходить (*мал. 2.1*).

Функції травної системи

Мал. 2.1. Травна система людини

Травна система виконує три основні функції: перетравлення їжі, всмоктування поживних речовин, виведення неперетравлених решток.

1. **Перетравлення** — розщеплення їжі до простих сполук, що здатні проникати в клітини крізь їх мембрану. Цей процес відбувається в просвіті травного каналу та проходить у два етапи (*мал. 2.2*): перший етап — *механічне перетравлення* — подрібнення їжі (пережовування), перемішування її з травними соками. Відбувається в ротовій порожнині й шлунку. До **травних соків** організму людини належать: слина, шлунковий сік, кишковий сік, сік підшлункової залози та жовч; другий етап — *хімічне перетравлення* — подрібнена їжа піддається подальшому розщепленню до більш простих компонентів під дією ферментів травних соків. Активність травних ферментів залежить від температури та рівня кислотності середовища (кисле, лужне чи нейтральне).

Розпочинається в ротовій порожнині, продовжується в шлунку й закінчується в тонкій кишці.

2. **Всмоктування** поживних речовин — це процес переходу (переважно в тонкій кишці) простих сполук у кров, яка доставляє їх до всіх клітин організму.

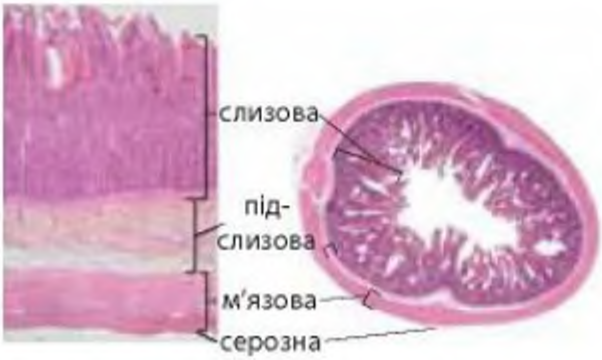
3. **Виведення** неперетравлених решток із організму відбувається через анальний отвір.

Стінка травного каналу

Мал. 2.2. Перетравлення їжі в організмі людини

Стінка травного каналу складається з декількох шарів спеціалізованих тканин (*мал. 2.3*), які формують:

— **внутрішню слизову оболонку** (епітеліальна тканина) — виробляє *травний сік*, який зволожує



Мал. 2.3. Стінка травного каналу: (гістологічний зріз стінки кишечника)

їжу та містить речовини, що допомагають її перетравленню — ***травні ферменти***. Келихоподібні клітини секреторного епітелію виробляють слиз, який вкриває внутрішню поверхню травного каналу й захищає його від самоперетравлення травними ферментами. Клітини епітеліальної тканини — це також перший бар'єр на шляху проникнення поживних речовин у кров чи лімфу, і саме від їхньої здатності пропускати ті чи інші речовини через свою мембрану залежить процес всмоктування поживних речовин.

— **підслизову оболонку** (власне сполучна тканина) — містить кровоносні й лімфатичні судини, лімфатичні вузли, клітини імунного захисту та нерви. Судини дуже близько підходять до клітин слизової оболонки, що забезпечує функцію всмоктування. Лімфатичні вузли та імунні клітини беруть участь в імунному захисті.

— **м'язову оболонку** (непосмугована м'язова тканина) — бере участь у перемішуванні їжі з травними соками, а також здійснює просування їжі вздовж травного каналу. Процес хвилеподібного скорочення й розслаблення м'язів, що забезпечує рух їжі в напрямку від рота до анального отвору, називають ***перистальтикою*** (*мал. 2.4*). М'язова тканина виконує ще одну важливу функцію, а саме відокремлення один від одного різних відділів травного каналу. Так, різні відділи травного каналу почергово перетравлюють їжу, і потрібно, щоб вона залишалася в певному відділі протягом часу, необхідного для її обробки. Цю функцію виконують *сфінктери* — м'язові кільця, які під час скорочення закривають вхід чи вихід, а під час розслаблення відкривають і дають змогу їжі переходити в наступний відділ чи, навпаки, запобігають її поверненню до попереднього відділу травного каналу.

Мал. 2.4. Перистальтика

Завдяки злагодженій роботі сфінктерів і перистальтиці їжа поступово

просувається вздовж травного каналу, незалежно від положення вашого тіла. Тобто, якщо ви навіть станете догори ногами, їжа все одно буде рухатися від ротової порожнини до анального отвору.

Зовнішня оболонка травного каналу (ще має назву серозна оболонка) складається з шару пухкої сполучної тканини і виконує захисну роль.

Висновки

1. Травлення — процес розщеплення складних органічних сполук (білків, жирів, вуглеводів) на простіші, які можуть всмоктуватися у кров і лімфу й надходити в клітини організму.
2. Травна система складається із травного каналу та допоміжних органів (слинних залоз, підшлункової залози та печінки) і виконує функції перетравлення, всмоктування поживних речовин і виведення неперетравлених решток.
3. Механічне перетравлення в основному відбувається в ротовій порожнині й шлунку, а хімічне — вздовж травного каналу під дією ферментів травних соків.

Терміни і поняття

Травлення, травні залози, перистальтика, травні соки, травні ферменти.

Контрольні запитання

1. Для чого людині необхідна травна система?
2. Дайте визначення процесу травлення.
3. Перелічіть органи, що входять до складу травної системи.
4. Що таке допоміжні органи травної системи? Назвіть їх.
5. Охарактеризуйте особливості механічного й хімічного перетравлення їжі.
6. З яких шарів складається стінка травного каналу?
7. Що таке ферменти і яка їхня функція в процесі травлення?
8. Яким чином перистальтика і сфінктери забезпечують рух їжі від ротової порожнини до анального отвору?

Завдання

1. Як ви думаєте, навіщо травній системі мати власну систему імунного захисту, від кого чи від чого вона захищає організм? Чи замислювалися ви над тим, що разом з їжею до вашого травного тракту постійно потрапляє безліч хвороботворних бактерій, вірусів тощо?

2. Поміркуйте, які розлади в системі травлення може відчувати людина:

а) за порушення скоординованої роботи м'язів травного каналу;

б) якщо клітини слизової оболонки перестануть виробляти слиз?

§ 2. ТРАВЛЕННЯ В РОТОВІЙ ПОРОЖНИНІ

Ви дізнаєтесь про будову ротової порожнини; роль язика і зубів у травленні; чому відбувається виділення слини в ротовій порожнині та яка її роль.

◆ Чому під час тривалого пережовування хліба ми відчуваємо солодкий смак?

Будова ротової порожнини

Ротова порожнина — це одна з небагатьох структур організму людини, будову якої можна вивчити, використовуючи дзеркало (***мал. 2.5***).

Подивіться в ротову порожнину. Що ж ви бачите? Вона починається *губами*, з боків обмежується *щоками*, які утримують їжу в ротовій порожнині під час жування. Якщо ви розкриєте рот, то далі побачите, що верхня частина ротової порожнини відділена від носоглотки *твердим піднебінням*, яке переходить у *м'яке піднебіння* з маленьким язичком. М'яке піднебіння під час ковтання їжі закриває вхід до носоглотки, що запобігає надходженню їжі та витіканню рідини через носоглотку. У ротовій порожнині також містяться ***зуби***, ***язик*** та відкриваються протоки ***слинних залоз***.

Язик

Язик складається із посмугованої м'язової тканини і бере участь у механічному перетравленні їжі. Зовні він вкритий слизовою оболонкою, що містить:

— смакові рецептори, які розпізнають солодке, солоне, кисле, гірке;

Мал. 2.5. *а)* будова ротової порожнини; *б)* розташування слинних залоз

— дотикові рецептори, які реагують на дотик і зміни тиску;
— рецептори, чутливі до температури.

Завдяки такій будові язик виконує наступні травні функції:

1) детектора якості та смаку їжі — від рецепторів язика у мозок надходить інформація про те, що в ротовій порожнині щось міститься, а мозок у відповідь надсилає сигнал — це їстівне або ні;

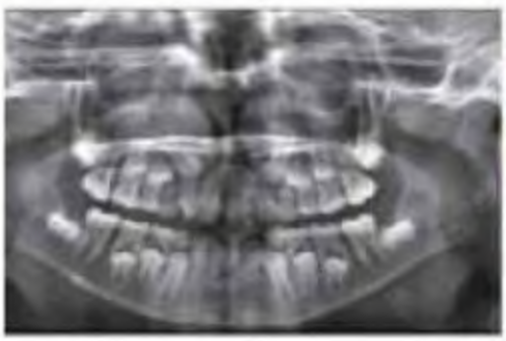
2) міксера, що перемішує їжу, формує харчову грудку й допомагає її проковтнути.

Будова зубів та їхні функції

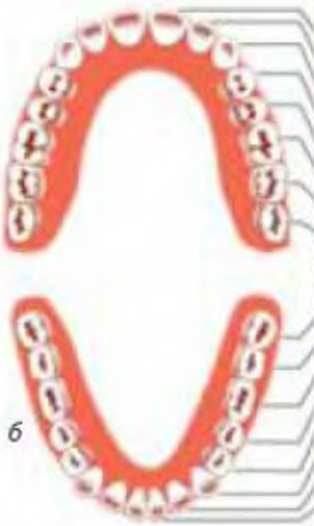
Зуби — це неодмінна частина процесу механічного перетравлення їжі в ротовій порожнині. У процесі жування тверда їжа подрібнюється до частинок діаметром декілька міліметрів, що покращує дію травних ферментів. У людини зуби виростають у два етапи: спочатку молочні (20 зубів), а потім постійні. У віці 6–7 років починається зміна молочних зубів на постійні, у віці 12–13 років людина вже має 28 зубів. У 17–25 років починають прорізатися останні 4 — це останні великі кутні зуби, що мають назву «зуби мудрості». У дорослої людини 32 постійних зуба, по 16 на верхній і нижній щелепах (*мал. 2.6*).

Як ви вже, мабуть, завважили, зуби мають різну форму. На кожній щелепі розташовано: 4 різці, 2 ікла, 4 малих кутніх і 6 великих кутніх зубів. Різцями та іклами ви відкушуєте шматочок їжі, кутні зуби його подрібнюють.

Зуб — це орган, який складається із трьох частин: *кореня*, що міститься у лунці щелепи, перехідної частини — ***шийки*** та зовнішньої частини, що відіграє головну роль під час пережову-



а

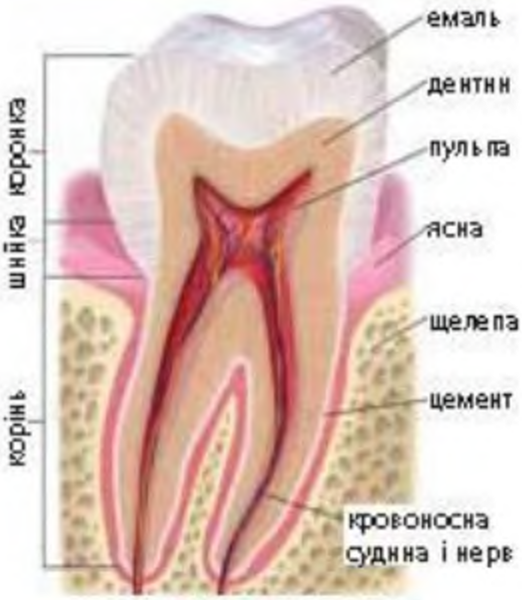


б

молочні	постійні	
8-12 міс.	7–8 років	різці
9-13 міс.	8–9 років	
16-22 міс.	11–12 років	ікла
	10–11 років	малі кутні
	10–12 років	
13-19 міс.	6–7 років	великі кутні
25-33 міс.	12–13 років	
	17–21 років	

молочні	постійні	
	17–21 років	великі кутні
23-31 міс.	11–13 років	
14-18 міс.	6–7 років	
	11–12 років	малі кутні
	10–11 років	
17-23 міс.	9–10 років	ікла
10-16 міс.	7–8 років	різці
6-10 міс.	17–21 років	

Мал. 2.6. Розвиток і розташування постійних зубів на нижній і верхній щелепах: *а*) панорамний знімок щелеп з молочними та постійними зубами; *б*) схематичне зображення зубів



Мал. 2.7. Будова зуба

вання їжі, — *коронки*. Зуб утворений твердою тканиною — *дентином*. Дентин у зоні коронки вкритий *емаллю*, а в зоні кореня і шийки — *цементом*. Під дентином є порожнина зуба, що заповнена пухкою сполучною тканиною — *пульпою*, де проходять судини й нерви, що живлять зуб і забезпечують його ріст (*мал. 2.7*).

Зубна емаль — це найтвердіший матеріал в організмі людини, який на 90 % складається із суміші мінеральних солей, серед яких головну роль відіграють солі кальцію. Ось чому для збереження зубів у вашому раціоні обов'язково мають бути продукти, збагачені кальцієм (наприклад, сир чи йогурт).

Слина та слинні залози

Ротова порожнина постійно зволожена слиною, яку виділяють *дрібні слинні залози*. Також у ротову порожнину відкриваються протоки *трьох пар головних слинних залоз* (*мал. 2.5*). Ці залози дістали свою назву за місцем їхнього розташування: привушна, під'язикова та підщелепна. За добу в людини виділяється близько 1 л слини. *Слина* — це безбарвна, слаболужна рідина, що містить:

— воду (на 99 %), яка зволожує їжу та полегшує її пережовування;

— слиз, який запобігає пошкодженню слизової оболонки ротової порожнини, а також обволікає харчову грудку й полегшує її проходження далі травним каналом;

— антимікробні речовини, які захищають організм від хвороботворних мікробів;

— травні ферменти.

Одним із важливих компонентів слини є фермент — *амілаза*, який відповідає за процес хімічного перетравлення їжі в ротовій порожнині. Амілаза слини розщеплює складні вуглеводи, наприклад, крохмаль до простішої сполуки *мальтози* (солодкий цукор).

Їжа, потрапивши до ротової порожнини, стимулює смакові, дотикові, температурні рецептори, що викликають рефлекторне виділення слини.

Людина також виробляє умовні рефлекси слиновиділення, коли збільшується виділення слини під час згадування про їжу, відчуття її запаху, а не тільки за безпосереднього її контакту з рецепторами ротової порожнини. Простий експеримент: пригадай-

те, коли ви їсте лимон, то одразу відчуваєте, що ротова порожнина починає заповнюватися слиною. Це приклад виробленого умовного мимовільного рефлексу.

Ковтання

У процесі ковтання беруть участь ротова порожнина, глотка й стравохід. У результаті жування та дії слини шматочок їжі перетворюється на харчову грудку, яку язик проштовхує до наступного відділу травного каналу — глотки. ***Глотка*** — це місце перетину дихальної і травної систем. Щоб запобігти потраплянню їжі в дихальні шляхи під час її надходження до глотки, вхід до носоглотки перекривається м'яким піднебінням, а вхід до трахеї — *надгортанником*. Усе це відкриває прямий шлях для проходження харчової грудки до чергового відділу травного каналу — стравоходу. Таким чином, під час ковтання відбувається тимчасова рефлекторна зупинка дихання.

Регулює процес ковтання нервова система. Така регуляція має довільну та мимовільну фази. Проштовхування язиком харчової грудки до глотки — довільна фаза, тобто ви свідомо можете керувати цим процесом. Мимовільна фаза запускається за подразнення рецепторів глотки харчовою грудкою і не може контролюватися свідомістю.

Стравохід має форму трубки довжиною приблизно 25–30 см, яка проходить уздовж усієї грудної порожнини, а на вході в черевну порожнину з'єднується зі шлунком. Стравохід виконує функцію транспортування харчової грудки до шлунка. Він відділений від глотки сфінктером, розслаблення якого дає змогу їжі потрапити із глотки до стравоходу. Надходження їжі до стравоходу запускає перистальтику, це забезпечує пересування харчової грудки в напрямку до шлунка. Короткочасне розслаблення сфінктера на межі стравоходу і шлунка відкриває вхід до шлунка. За порушення роботи цього сфінктера кислий вміст шлунка може потрапляти у стравохід і викликати його подразнення, що спричиняє печію.

Висновки

1. Ротова порожнина — перший відділ травного каналу, де розпочинаються процеси механічного перетравлення їжі за допомогою зубів та язика.
2. У ротову порожнину відкриваються протоки трьох парних головних слинних залоз, які виробляють травний фермент амілазу, що розщеплює складні вуглеводи, — хімічне перетравлення їжі.
3. Із ротової порожнини харчова грудка по стравоходу рухається до шлунка. У процесі ковтання беруть участь ротова порожнина, глотка і стравохід.

Терміни і поняття

Ротова порожнина, зуби, язик, глотка, стравохід, слинні залози, амілаза.

Контрольні запитання

1. Опишіть будову ротової порожнини.
2. Які процеси травлення відбуваються в ротовій порожнині?
3. Яка роль язика у травленні?
4. З яких частин складається зуб?
5. Назвіть основні функції слини.
6. За умови втрати ферменту слини амілази, перетравлення яких органічних сполук буде порушуватись?

Завдання

1. Поясніть, чому якщо ви розмовляєте під час ковтання їжі, вона може потрапити в трахею, а напої навіть частково витекти через ніс?

2. Якщо ви тривалий час пережовуватимете шматок білого хліба, то відчуєте солодкий смак. Як ви думаєте, чому? Який інгредієнт, що створює подібний ефект, входить до складу білого хліба?

Для допитливих

Для чого потрібно чистити зуби?

Ротову порожнину заселяють мільйони бактерій, які разом із залишками їжі формують зубний наліт. Бактерії живляться вуглеводами, особливо сахарозою (звичайний цукор), у результаті утворюються кислоти, які підвищують кислотність ротової порожнини. Емаль зуба дуже чутлива до дії кислот і поступово руйнується за їх постійного впливу, внаслідок цього утворюється порожнина в зубі — карієс (ураження твердої тканини зуба). Зуб не здатен до самовідновлення емалі та дентину, і якщо не зупинити каріозний процес, він уразить корінь, і зуб необхідно буде видалити. Доведено, що щоденне чищення зубів уранці й увечері, полоскання рота й використання після їди жувальної гумки без цукру, а також зменшення споживання цукру, солодких тістечок, цукерок тощо значно знижує ризик розвитку карієсу та інших захворювань ротової порожнини (пародонтоз та ін.).

§ 3. ТРАВЛЕННЯ У ШЛУНКУ ТА КИШЕЧНИКУ. РОЛЬ ПЕЧІНКИ ТА ПІДШЛУНКОВОЇ ЗАЛОЗИ У ТРАВЛЕННІ

Ви дізнаєтесь, що відбувається з харчовою грудкою після її проковтування, де і як всмоктуються поживні речовини, яку роль відіграють печінка та підшлункова залоза у травленні.

Будова шлунка та процеси травлення в ньому

Шлунок розташований прямо під діафрагмою і за своєю будовою нагадує еластичний мішок. Слизова оболонка стінки шлунка утворює численні складки, які розправляються і дають можливість

йому розтягуватись до максимального об'єму в 2 л. Завдяки цьому шлунок виконує функцію *резервуара*. Тому людина може лише періодично з'їдати достатньо великі порції їжі, щоб надовго забезпечити потреби організму, а решту часу займатися іншою діяльністю.

У шлунку продовжується механічне й хімічне перетравлення їжі (*мал. 2.8*).

Мал. 2.8. Травлення в шлунку

Шлунковий сік — це прозора рідина, яку виробляють численні залози слизової оболонки і яка забезпечує *хімічне перетравлення їжі в шлунку*. За добу виробляється до 2 л шлункового соку. Його основними компонентами є хлоридна кислота і травний фермент **пепсин**, який бере участь у розщепленні білків. У шлунку відбуваються лише початкові етапи розщеплення білків, їхнє кінцеве перетравлення до окремих амінокислот закінчується в тонкій кишці.

Шлунковий сік настільки кислий (за рахунок значної кількості хлоридної кислоти), що міг би розчинити навіть залізний цвях, не кажучи вже про стінки шлунка. Проте цього не відбувається, адже слизова оболонка шлунка виробляє густий, в'язкий слиз, який захищає його стінки від самоперетравлення та агресивної дії хлоридної кислоти.

Роль хлоридної кислоти:

— знешкоджує бактерії та інші мікроорганізми, що надходять разом з їжею;

— хімічно руйнує компоненти їжі;

— допомагає роботі головного ферменту шлункового соку — пепсину.

У шлунку відбувається ***всмоктування*** деяких мінеральних речовин, наприклад, натрію, жиророзчинних речовин та алкоголю.

Перетравлення їжі в шлунку триває 2–6 годин. У результаті перемішування та дії шлункового соку їжа перетворюється на однорідну кремоподібну масу — *хімус*. На межі шлунка й тонкої кишки також є сфінктер. Почергове розслаблення і скорочення м'язів сфінктера дає змогу невеличким порціям хімусу поступово надходити до тонкої кишки. У тонкій кишці закінчується процес перетравлення їжі, тому саме поступове надходження хімусу є важливим для його повноцінного виконання.

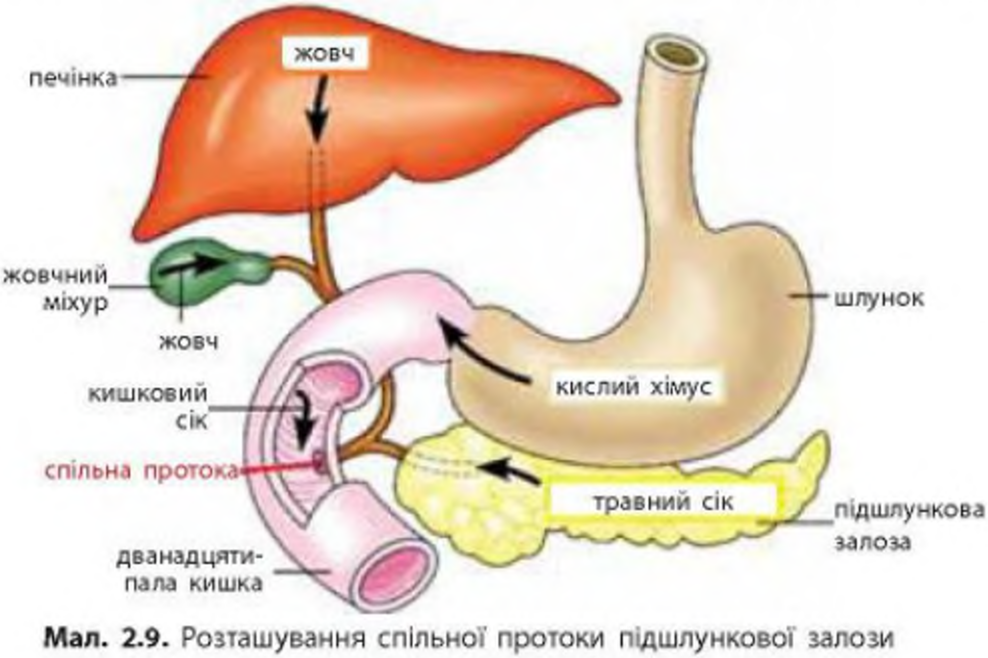
Процеси травлення в тонкій кишці

Тонка кишка — це найдовший відділ травного каналу довжиною близько 6 м, який складається з трьох частин: дванадцятипалої, порожнистої і клубової кишок. Тонка кишка отримала свою назву через значно менший діаметр (3–5 см), порівняно з наступним відділом травного каналу — товстою кишкою (7 см). У тонкій кишці закінчуються процеси перетравлення білків, жирів і вуглеводів і відбувається всмоктування їх.

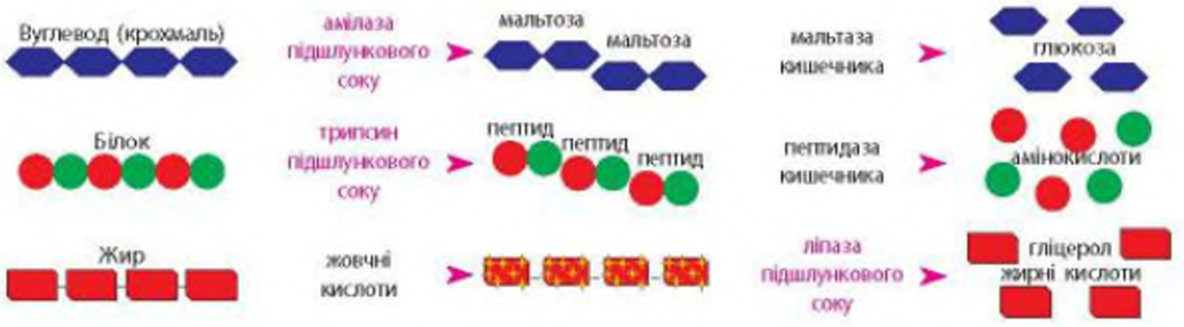
Перші 25 см тонкої кишки — ***дванадцятипала кишка***, саме в ній відбуваються кінцеві процеси хімічного перетравлення вуглеводів до простих цукрів (наприклад, глюкози), білків до амінокислот, жирів до жирних кислот і гліцеролу. У дванадцятипалу кишку відкривається спільна протока підшлункової залози, печінки та жовчного міхура (*мал. 2.9*).

Роль підшлункової залози в травленні

Кишечник, на відміну від шлунка, має лужне середовище, підтримка якого необхідна для повноцінної роботи його ферментів. Тому перше, що відбувається після надходження кислого хімусу зі шлунка, — це нейтралізація кислоти. Кислий хімус стимулює виділення ***підшлунковою залозою*** травного соку, багатого на бікарбонат натрію (за хімічним складом — це звичайна харчова сода), який нейтралізує кислоту й створює лужне середовище. Також сік підшлункової залози багатий на ферменти, зокрема: *амілаза* підшлункової залози бере участь у перетравленні вуглеводів (крохмалю), *трипсин* — білків, а *ліпаза* — жирів (*мал. 2.10*).



Мал. 2.9. Розташування спільної протоки підшлункової залози печінки та жовчного міхура



Мал. 2.10. Схема хімічного перетравлення в тонкій кишці

Роль печінки в травленні

У дванадцятипалій кишці вперше починається перетравлення жирів. Важливу роль у цьому процесі відіграє секрет печінки — ***жовч***. ***Печінка*** — це найбільша залоза нашого організму. За добу вона виробляє до 0,5–1 л жовчі, яка накопичується і концентрується в ***жовчному міхурі*** й за необхідності виділяється з нього. Ця біологічно активна рідина містить жовчні кислоти, вони не перетравлюють жири, а діють як розчинники, подрібнюючи їх на маленькі краплинки. Це полегшує дію на них ферментів — ліпаз, які розщеплюють жири до гліцеролу і жирних кислот (*мал. 2.10*). Крім того, жовч стимулює рухову активність кишечника (моторику) та має бактерицидну дію. Печінка виконує інші важливі функції, про які ми поговоримо далі.

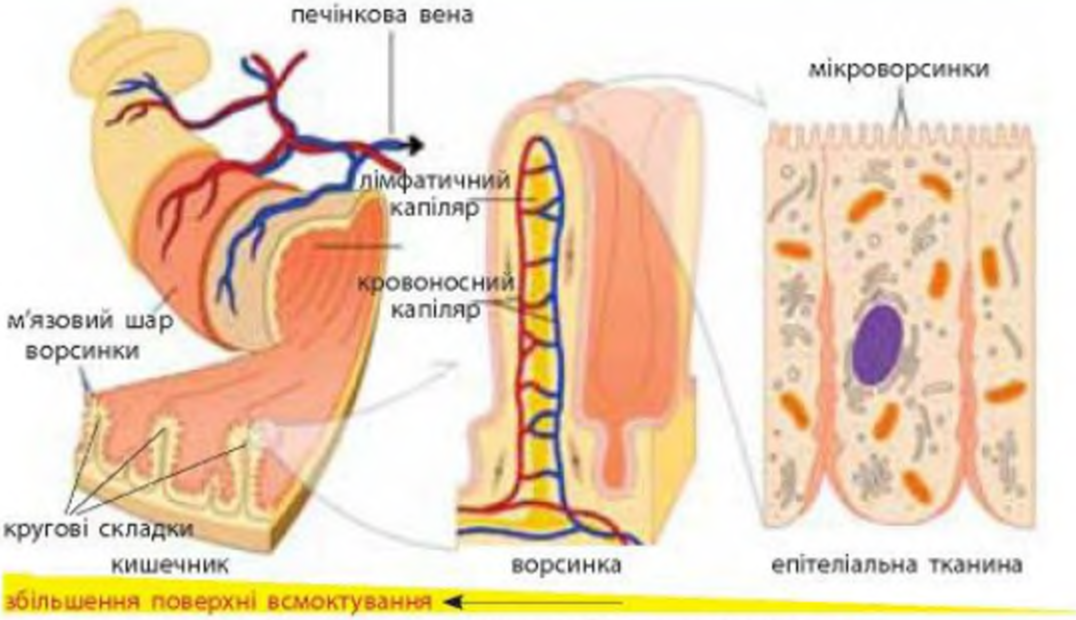
Порожнинне і пристінкове травлення

Епітеліальні клітини кишечника також виробляють травні ферменти, частина з яких діє в просвіті (порожнині) кишки разом з ферментами підшлункової залози — це *порожнинне травлення*. Інші ферменти залишаються прикріпленими до поверхні епітеліальних клітин і здійснюють кінцеві етапи хімічного розщеплення до простих речовин (наприклад мальтаза до глюкози; пептидаза до амінокислот) (*мал. 2.10*), які завдяки малому розміру здатні проходити крізь мембрану клітини й тому готові до всмоктування — це ***пристінкове травлення***.

Завдяки перистальтичним скороченням м'язів кишечника вміст дванадцятипалої кишки поступово переходить до наступних відділів тонкої кишки — порожнистої і клубової, де відбуваються основні процеси всмоктування води й поживних речовин.

За рахунок чого збільшена поверхня всмоктування?

Слизова оболонка тонкої кишки має унікальну будову, яка збільшує площу поверхні для ***всмоктування*** поживних речовин до 300 м^2. По-перше, слизова оболонка має кругові складки, по-друге,



Мал. 2.11. Будова слизової оболонки тонкої кишки

вся поверхня вкрита пальцеподібними виростами — ***ворсинками,*** по-третє, кожна окрема епітеліальна клітина ворсинки має тисячі виростів — мікроворсинок, які під електронним мікроскопом нагадують ворсинки щітки, тому й отримали назву «щіткова облямівка» («кайма», «окантовка») (*мал. 2.11*).

Як відбувається процес всмоктування?

Усередині кожної ворсинки проходять кровоносний капіляр і лімфатичний капіляр, які дуже близько наближаються до шару епітеліальних клітин. Більшість поживних речовин (глюкоза, амінокислоти) переходить безпосередньо у кровоносний капіляр. На відміну від інших поживних речовин, продукти розщеплення жирів — жирні кислоти і гліцерол, спочатку надходять до лімфатичного капіляра, який впадає в крупнішу лімфатичну судину і згодом — у кровоток (*мал. 2.12*).

Мал. 2.12. Всмоктування поживних речовин у кишечнику

Робота печінки

Кров, що насичена поживними речовинами, не відразу прямує від кишечника до серця, на своєму шляху вона проходить крізь «біохімічну лабораторію» нашого організму — **печінку.** Кров, що

відтікає від печінки, за своїм складом відрізняється від тієї, що надійшла до неї. По-перше, у печінці відбувається знешкодження багатьох хімічних або токсичних речовин (наприклад, ліків, алкоголю), що запобігає їх надходженню до інших систем організму. По-друге, у печінці утворюються білки плазми крові; зберігається залізо, вітаміни А, B_{12}, D, K. Просторову будову вітаміну B_{12} (а також інсуліну) встановила Дороті Ходжкін із Великої Британії. У 1964 році їй було присуджено Нобелівську премію.

Печінка — один із ключових органів для підтримки гомеостазу організму. Від печінки відтікає кров, що містить концентрацію глюкози 90 мг/100 мл незалежно від того, яку кількість тістечок і солодких цукерок ви з'їли. Печінка перетворює надлишки глюкози у складну органічну речовину глікоген і зберігає його. У разі зменшення кількості глюкози в крові печінка знову перетворює глікоген на глюкозу і таким чином підтримує її постійний рівень.

Травлення в товстій кишці

Товста кишка — це останній відділ травного каналу, який має довжину 1,5 м і складається зі сліпої кишки, ободової кишки, прямої кишки й закінчується анальним отвором (*мал. 2.1*).

Основні функції товстої кишки:
— всмоктування води, деяких мінеральних речовин і вітамінів;
— формування калових мас;
— виведення неперетравлених решток назовні.

Сліпа кишка — це перший відділ товстої кишки, куди надходять рідкі неперетравлені рештки із тонкої кишки. Сліпа кишка має невеличкий червоподібний відросток — ***апендикс***, який містить велику кількість лімфоїдних вузликів і тому відіграє роль у місцевому імунітеті, захищаючи організм від проникнення інфекції.

У товстій кишці неперетравлені рештки перебувають 12–24 години. Завдяки перистальтичним скороченням стінки товстої кишки неперетравлені рештки дуже повільно просуваються вздовж *ободової кишки*. Калові маси накопичуються у *прямій кишці*, у разі заповнення якої (це зазвичай відбувається 1–2 рази на добу) сильно скорочуються м'язи стінки кишки і калові маси виводяться назовні через анальний отвір — цей процес називається *дефекація*.

Мал. 2.13. Схема взаємодії нервової та ендокринної систем під час регуляції процесу травлення

Регуляція процесу травлення

Процеси травлення злагоджено контролюють нервова та ендокринна системи (*мал. 2.13*).

Нервова регуляція

Думки про їжу, її запах та вигляд (умовно-рефлекторна регуляція) та безпосереднє подразнення рецепторів ротової порожнини, шлунка чи кишечника їжею (безумовно-рефлекторна регуляція) надсилають сигнал у мозок. У стовбурі головного мозку є центри, що регулюють травлення. Від цих центрів сигнали нервовими волокнами передаються до травних залоз (слинних, шлункових, підшлункової), що активує секрецію травних соків, чи до гладеньких м'язів, які починають скорочуватися, — так здійснюється *нервова регуляція травлення.*

Також травний тракт має власну нервову систему — це *ентеральна нервова система*, її ще називають «кишковий мозок», адже її нейронна сітка розташована прямо в стінці травного каналу. Цей відділ нервової системи здійснює *місцеву рефлекторну регуляцію* процесів травлення. Прикладом може бути рефлекторне закривання сфінктера на межі шлунка та дванадцятипалої кишки.

Гуморальна регуляція

Слизова оболонка шлунка й кишечника має ендокринні клітини. Ці клітини виробляють гормони у відповідь на дію компонентів їжі чи нервові стимули. Гормони надходять у кров і переносяться до травних залоз та гладеньких м'язів, де вони стимулюють чи пригнічують їхню активність, — *гуморальна регуляція травлення.*

Уперше дослідив і вивчив рефлекторні механізми регуляції виділення травних соків (слини, шлункового соку) академік Іван Петрович Павлов (1849–1936 рр.), який за своє відкриття отримав Нобелівську премію 1904 року.

Харчову поведінку людини, тобто відповідну реакцію на відчуття голоду, спраги та насичення, контролюють *центри голоду, спраги* та *насичення*, які розташовані в гіпоталамусі — особливій ділянці головного мозку, що забезпечує збереження гомеостазу. Якщо експериментальній тварині до цієї зони мозку під'єднати електрод, який постійно активуватиме нейрони центру голоду, тварина буде їсти без зупинки (ненажерство). Якщо, навпаки, зруйнувати нейрони центру голоду, тварина загине від нестачі поживних речовин, тому що перестане їсти.

Висновки

1. У шлунку відбувається подальше механічне перетравлення їжі. Шлунок виробляє шлунковий сік, основними компонентами якого є хлоридна кислота і травний фермент пепсин. Пепсин бере участь у перетравленні білків.
2. У тонкій кишці закінчуються процеси перетравлення білків, жирів і вуглеводів та відбувається всмоктування їх.
3. У дванадцятипалу кишку відкривається спільна протока підшлункової залози, печінки та жовчного міхура.
4. Сік підшлункової залози нейтралізує кислий хімус, що надходить із шлунка і містить ферменти для перетравлення білків, жирів і вуглеводів.
5. Печінка — біохімічна лабораторія нашого організму, яка синтезує та зберігає деякі органічні речовини та вітаміни, знезаражує токсичні сполуки (алкоголь, ліки).
6. Секрет печінки — жовч — стимулює рухову активність кишечника, бере участь у перетравленні жирів і має бактерицидну дію.
7. У товстій кишці відбувається кінцеве всмоктування води, та виводяться неперетравлені рештки.
8. Процеси травлення контролюють нервова та ендокринна системи.

Терміни і поняття

Шлунок, дванадцятипала кишка, підшлункова залоза, печінка, жовчний міхур, жовч, апендикс, ворсинки, всмоктування.

Контрольні запитання

1. Які функції виконує шлунок?
2. Чому шлунковий сік кислий і для чого це потрібно?
3. Які складні органічні сполуки починають перетравлюватися в шлунку і який фермент за це відповідає?
4. У якому відділі травного каналу відбуваються кінцеві процеси травлення?
5. Охарактеризуйте роль соку підшлункової залози у травленні.
6. Яким чином жовч бере участь у перетравленні жирів?
7. Чим відрізняється порожнинне травлення від пристінкового?
8. Назвіть особливості будови тонкої кишки, що сприяють усмоктуванню поживних речовин.
9. Перелічіть основні функції товстої кишки.

Завдання

1. Доведіть зв’язок будови шлунка з його функціями. Для цього встановіть відповідність між запропонованими в таблиці особливостями будови шлунка та функціями, які вони забезпечують.

Особливість будови	Функції
Порожниста будова, великий об’єм	Механічне перетравлення, перемішування хімусу
Потужний шар непосмугованих м’язів	Знезараження їжі, захист від бактерій, хімічне розщеплення білків
Слизова оболонка містить шлункові залози, які виробляють хлоридну кислоту, пепсин	Резервуарна функція — накопичення їжі

2. Як ви думаєте, чи може пепсин, що надходить до дванадцятипалої кишки з хімусом, брати участь у подальшому перетравленні білків разом з ферментами кишечника? Обґрунтуйте свою відповідь.

3. Доведіть, що печінка — важливий орган для підтримання гомеостазу.

§ 4. ХАРЧОВІ РОЗЛАДИ ТА ЗАПОБІГАННЯ ЇМ

Ви дізнаєтесь про роль мікробіоти в нашому організмі та наслідки порушення її складу; ознайомитеся з деякими захворюваннями органів травної системи й методами їх лікування; зрозумієте правила поведінки для запобігання харчовим отруєнням.

◆ Чи правда, що бактерія може викликати виразку шлунка?

Кишкова мікробіота та її роль у функціонуванні організму людини

Травний тракт людини населяють близько 100 трильйонів бактерій (це більше, ніж кількість усіх клітин вашого тіла), які належать до 3000 видів. У товстій кишці існує найбільше бактерій, основними серед яких є біфідобактерії, кишкова паличка, лактобацили (*мал. 2.14*). Сукупність цих мікроорганізмів, що населяють організм людини, називали мікрофлорою або, за сучасними підходами, ***мікробіотою*** (від *англ. microbiota* — мікроскопічні організми, що живуть в межах певної території).

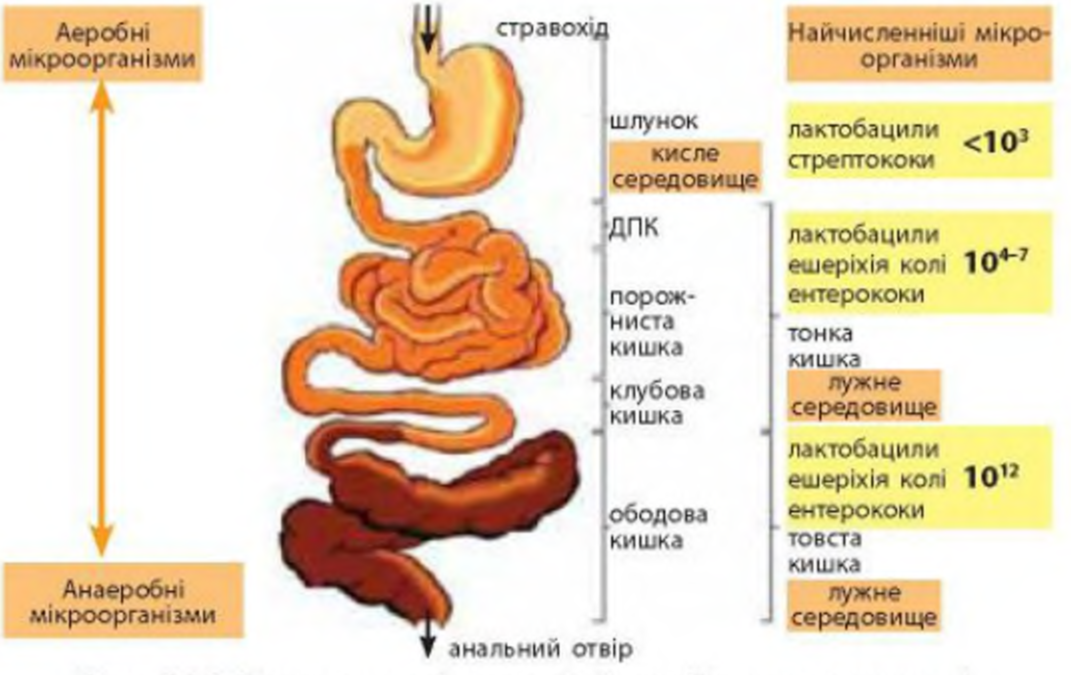
Функції бактеріальної мікробіоти:

— допомагає перетравлювати клітковину рослинної їжі, на яку не діють ферменти травних соків людини. У результаті утворюються особливі жирні кислоти, які захищають клітини слизової оболонки товстої кишки від розвитку запальних процесів і навіть раку товстої кишки;

— виробляє ряд вітамінів (вітамін К, вітаміни групи В);

— захищає організм хазяїна від заселення чужорідними хвороботворними бактеріями.

Для дослідження ролі мікробіоти в організмі людини науковці вивели мишей, яких від самого народження утримують у стерильних умовах, і тому їхній організм, у тому числі кишечник, взагалі не заселений бактеріями. Спостереження за розвитком і життям цих мишей довели важливу роль мікробіоти для формування повноцінного імунітету. У цих мишей були недорозвинені селезінка та тимус — органи, де формуються клітини



Мал. 2.14. Знаходження різних типів бактерій у травному каналі

імунного захисту, а також зменшена кількість імунних клітин у кишечнику.

Організм людини настільки пристосувався до співіснування з бактеріями, що будь-які зміни у складі мікробіоти (***дисбактеріоз***), наприклад, після тривалого прийому антибіотиків викликають розлади травлення, а також послаблення імунітету.

Гастрит та виразкова хвороба шлунка

На жаль, слизовий бар'єр не завжди може захистити оболонку шлунка від дії кислоти й ферментів. У цьому випадку шлунковий сік починає роз'їдати стінку шлунка, і розвивається запальне захворювання стінки шлунка — **гастрит.** На початкових стадіях гастриту уражається лише поверхневий шар слизової оболонки шлунка, що достатньо легко лікується за дотримання здорового харчування, уникнення вживання алкоголю та тютюнокуріння. Хронічний нелікований гастрит може призвести до виразок — ***виразкова хвороба шлунка***, а в деяких випадках — до *раку шлунка*. Довгі роки лікарі та науковці вважали, що єдиною причиною виникнення гастриту та виразок шлунка є порушення балансу між захисними факторами (зменшення вироблення слизу) та агресивними факторами (надмірна продукція хлоридної кислоти, куріння, вживання алкоголю та деяких протизапальних препаратів, наприклад, аспірину). Тому основним методом лікування було пригнічення вироблення хлоридної кислоти за допомогою ліків і дієт.

Мал. 2.15. Helicobacter pylori — бактерія, що викликає виразку шлунка

Проте в 1982 р. двома австралійськими дослідниками — професором Робіном Уорреном та молодим лікарем Беррі Маршаллом — було зроблено революційне відкриття. Виявляється, що утворення виразок шлунка також можуть викликати кислотостійкі бактерії *Helicobacter pylori* (*мал. 2.15*). Вони прикріплюються до епітеліальних клітин і спричинюють зменшення вироблення ними слизу. Під час експерименту Беррі Маршалл сам випив розчин із живими бактеріями *Helicobacter pylori*. У нього розвинулися всі симптоми хвороби, які зникли після лікування антибіотиками. За це відкриття в 2005 р. автори отримали Нобелівську премію, а виразкову хворобу шлунка стали успішно лікувати антибіотиками.

Захворювання печінки

Печінка — це орган, здатний до самовідновлення (регенерації). Мабуть, усі ви знаєте історію із грецької міфології про героя Прометея, який приніс людям вогонь. За це розгніваний Зевс прикував його до скелі. Щодня прилітав орел і викльовував Прометею печінку, але кожної ночі печінка знову виростала. Ця міфологічна історія — приклад унікальної здатності печінки до регенерації. Встановлено, що хірургічне видалення ділянки печінки, а також хімічне чи вірусне ураження її клітин викликають активізацію поділу клітин, що залишилися. У випадку видалення близько 75 % печінки повне відновлення її структурної і функціональної активності відбувається приблизно через 6–12 місяців.

Мал. 2.16. Ознаки цирозу печінки: *а*) вигляд здорової і ураженої печінки; *б*) жовтяниця у хворої людини

Гепатит і цироз — це два найнебезпечніших захворювання печінки, через які швидкість руйнування її клітин значно перевищує її здатність до самовідновлення. У підсумку печінка не може виконувати свої функції, і часто для збереження життя пацієнта необхідна трансплантація цього органа. Однією з характерних ознак захворювання печінки є жовтяниця, коли шкіра й білкові оболонки очей мають жовтувате забарвлення (*мал. 2.16*). До основних причин, які призво-

дять до хвороб печінки, належать: інфікування вірусами гепатиту А, В, С; надмірне вживання алкогольних напоїв; переважання в раціоні харчування їжі, багатої на жири. Зараження вірусом гепатиту А (застаріла назва: хвороба Боткіна) переважно відбувається через їжу, заражену воду та контактно-побутовим шляхом, рідше через кров. Вірус гепатиту В та С передається лише через кров, зокрема під час її переливання, недотримання стерильності хірургічних інструментів тощо.

Апендицит — захворювання, що виникає внаслідок розвитку запалення апендикса, який спочатку набрякає і згодом заповнюється гноєм. Основними симптомами є сильний біль у животі, який посилюється під час натискання. Це захворювання потребує термінового хірургічного видалення апендикса. Без хірургічного лікування впродовж 2–3 діб відбувається розрив його стінок і гній може спричинити фатальне інфікування черевної порожнини — перитоніт. У разі виникнення вказаних вище симптомів треба терміново викликати швидку медичну допомогу!

Харчові отруєння. Продукти харчування за умов неправильного зберігання і приготування, порушення правил їх санітарної обробки (немиті овочі та фрукти), а також уживання їжі брудними руками можуть стати причиною захворювань. Токсини хвороботворних мікроорганізмів, потрапляючи до травного тракту людини, викликають харчові отруєння. Іншою причиною таких отруєнь може бути вживання продуктів, забруднених промисловими хімічними речовинами (пестициди, хімічні добрива), чи отруйних рослин (вовчі ягоди) і грибів (бліда поганка).

За харчових отруєнь симптоми захворювання розвиваються через 4–6 годин і характеризуються болями в животі, нудотою, блюванням і виснажливою діареєю (пронос). У такому разі слід терміново промити шлунок і кишечник. А після цього — обов'язково звернутися в лікарню, адже аналогічні симптоми характерні також для гострих кишкових інфекцій.

Висновки

1. Мікробіота заселяє всі відділи травного каналу. Основна функція — перетравлення клітковини рослинної їжі, вироблення вітамінів К і вітамінів групи В, захист організму від чужорідних мікроорганізмів.
2. Неправильне харчування, зокрема вживання великої кількості смаженої, жирної їжі, вживання алкоголю, неконтрольований прийом лікарських препаратів можуть призвести до серйозних хвороб травної системи.

Терміни і поняття

Кишкова мікробіота, дисбактеріоз, виразкова хвороба шлунка, гепатит, цироз, апендицит, харчові отруєння.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні функції мікробіоти кишечника.
2. Чому потрібно обов'язково видаляти апендикс у випадку його запалення?
3. Назвіть основні фактори розвитку виразкової хвороби шлунка.
4. Які основні причини харчових отруєнь?

Завдання

1. Складіть перелік правил запобігання харчовим отруєнням, інфекціям.
2. Чому після лікування антибіотиками радять уживати кисломолочні продукти?

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що травна система людини насамперед призначена для механічного і хімічного перетравлення їжі та насичення крові і лімфи поживними речовинами.
2. Ми дізналися, як відбуваються процеси травлення і як їжа (хімус) транспортується травним каналом.
3. Ми запам'ятали, що механічне перетравлення їжі відбувається завдяки роботі зубів та шару гладеньких м'язів у стінці органів травного каналу, а хімічне перетравлення — завдяки травним ферментам й іншим компонентам травних соків.
4. Ми довідалися, що перетравлення макропоживних речовин завершується в тонкому кишечнику, де у ворсинках всмоктуються амінокислоти, глюкоза, жирні кислоти й інші поживні речовини, а в товстому кишечнику передусім поглинається вода та деякі мінеральні речовини.
5. Ми зрозуміли важливість мікробіоти кишечника для його нормального функціонування та забезпечення організму вітаміном К, а також групи В.
6. Ми усвідомили, що часто причиною захворювання органів травлення є нерегулярне й неякісне харчування та недотримання правил гігієни і що раціональне харчування важливе для збереження здоров'я.

Знаю — вмію

- Я знаю послідовність розміщення органів травного каналу.
- Я знаю, що додаткові органи травної системи — травні залози — утворюють травні соки, які протоками потрапляють у травний канал і відіграють важливу роль у перетравленні їжі.
- Я вмію розпізнавати різні органи травлення на малюнках.
- Я знаю види травних ферментів і розумію, на які макропоживні речовини та в якому середовищі вони діють.
- Я вмію встановлювати зв'язок між будовою органів травлення та їхніми функціями.
- Я дізнався, які функції виконує печінка для підтримання гомеостазу.
- Я розрізняю процеси порожнинного та пристінкового травлення.
- Я знаю, яку роль відіграє хлоридна кислота в шлунку.
- Я розумію, як стінки травного каналу захищені від дії травних ферментів.
- Я знаю механізми нервової та гуморальної регуляції травлення.
- Я розумію, які функції виконує кишкова мікробіота, і усвідомлюю причини дисбактеріозу внаслідок уживання антибіотиків.
- Я вмію визначати ознаки найпоширеніших захворювань органів травлення.
- Я знаю правила запобігання виразковій хворобі шлунка, кишковим інфекціям і харчовим отруєнням та усвідомлюю необхідність їх дотримання.

ДИХАННЯ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- для чого людині потрібне дихання і як воно відбувається та чому саме нестача кисню загрожує життю;
- який вигляд мають легені і як вони працюють;
- що відбувається в нашому тілі під час вдиху і видиху;
- як ми, ніколи над цим не замислюючись, завжди відчуваємо, скільки нам потрібно вдихати і видихати повітря;
- чому органи дихання є такими вразливими до інфекцій та забруднення повітря

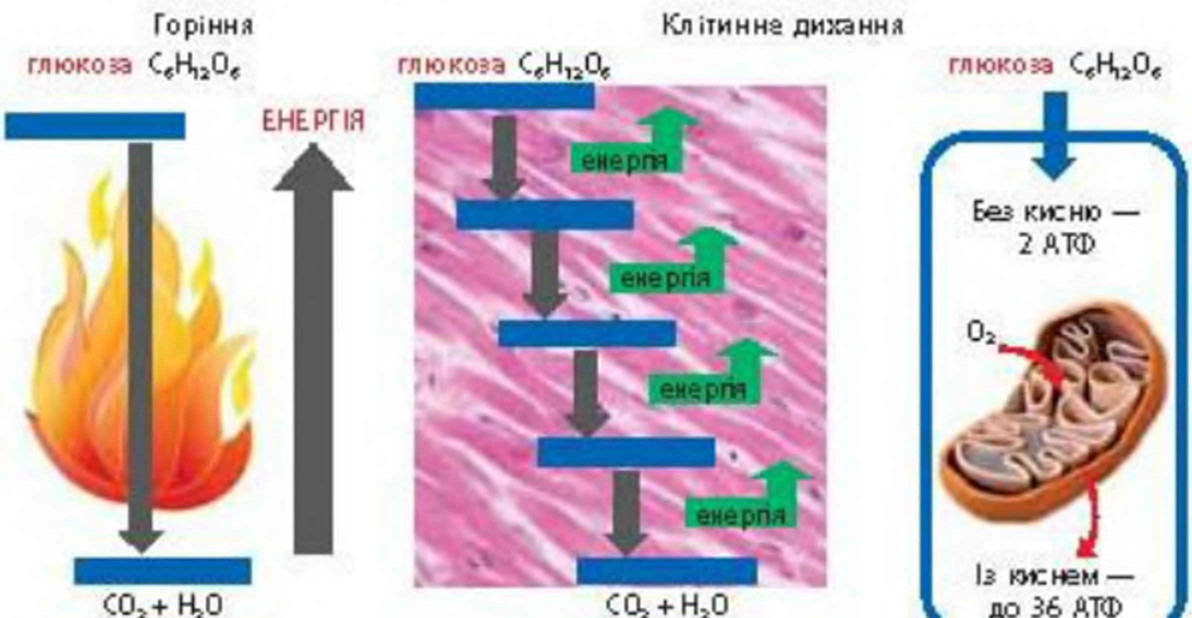
§ 1. ЗНАЧЕННЯ ДИХАННЯ. СИСТЕМА ОРГАНІВ ДИХАННЯ

Ми зазвичай не замислюємося, як ми дихаємо, поки з диханням не виникають проблеми, і тоді воно стає нашим найголовнішим пріоритетом! Коли зупиняється дихання — людина швидко втрачає свідомість, а якщо воно не відновиться, то за лічені хвилини настає смерть.

- Для чого клітинам потрібен кисень? Чому «ламається» голос у хлопців підліткового віку? Що відбувається з пилом, який ми вдихаємо разом із повітрям?

Клітинне дихання й енергія

Ще в натурфілософії Стародавньої Греції повітря вважалося однією з чотирьох першооснов, або елементів-стихій світу, до яких також належали земля, вода й вогонь. Без повітря людина може прожити лише кілька хвилин. Пригадаємо, що *клітинне дихання*, або *респірація* (від лат. *respiration* — дихання), — це процес отримання клітиною енергії з хімічних сполук шляхом їх окиснення, тобто реакції з киснем. Процес дихання можна порівняти з горінням багаття, яке швидко згасне, якщо перекрити доступ повітря. Так само всі процеси життєдіяльності припиняються без постійного постачання кисню. Клітини втрачають своє головне джерело енергії, адже без кисню вони не здатні виробляти потрібну їм кількість уже відомої нам універсальної «одиниці» обігу енергії в організмі — АТФ.

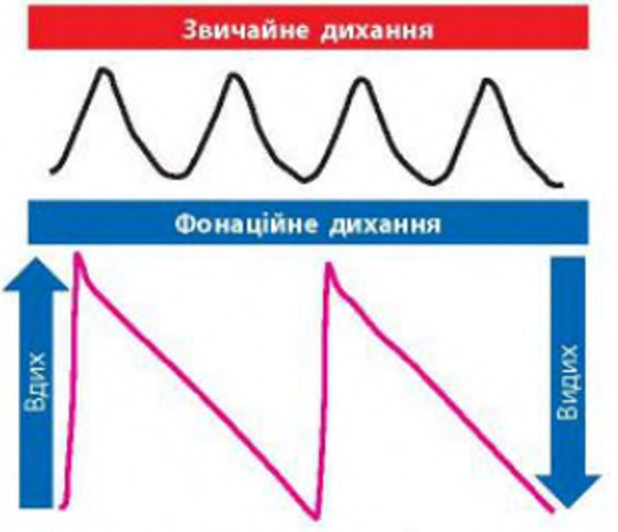


Мал. 3.1. Поетапне отримання енергії з молекули глюкози відбувається в цитоплазмі (гліколіз, що не потребує кисню) і в мітохондріях клітини, де потрібен кисень

Біохімічні реакції такого типу, на відміну від простого горіння в неживій природі, мають багато стадій, потрібних для поступового вивільнення енергії і синтезу молекул АТФ (*мал. 3.1*). Ці процеси починаються в цитоплазмі клітини, де з кожної молекули глюкози утворюється тільки 2 молекули АТФ. Розщеплення глюкози продовжується в мітохондріях, де вже за участі кисню утворюється ще до 36 молекул АТФ. Таким чином, з точки зору енергетики кисневі (аеробні) реакції у 18 разів ефективніші, ніж безкисневі (анаеробні)!

Дихання і мовлення

Без дихання неможливим було б мовлення, адже звуки насамперед формуються під час проходження повітря через голосові зв'язки у нижній частині гортані. Існує навіть термін ***фонаці́йне***, або ***мовленнє́ве дихання***, під час якого, на відміну від звичайного дихання, вдих більш глибокий і швидкий, а видих значно повільніший (*мал. 3.2*), тому що звук зазвичай утворюється саме на видиху. Щоб у цьому переконатися, спробуйте щось вимовити під часу вдиху!

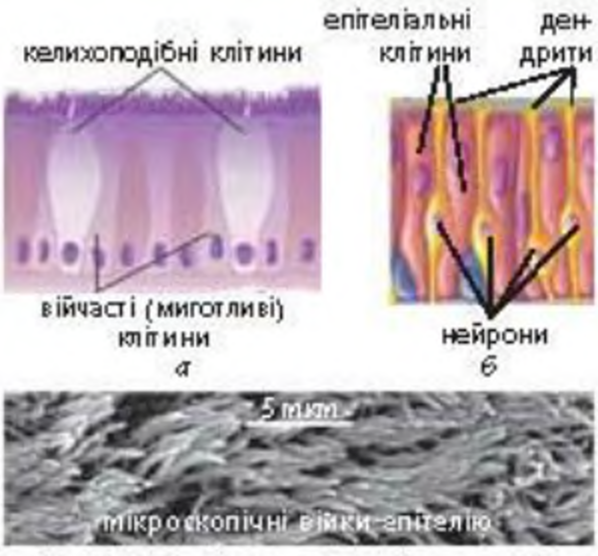


Мал. 3.2. Схематичне зображення звичайного і фонаційного дихання

Голос у чоловіків і жінок відрізняється, що пов'язано з відмінностями в розмірах гортані й голосових зв'язок, які містяться у її нижній частині і є еластичними утвореннями, що формують голосову щілину. У дитинстві в хлопчиків і дівчаток вони однакового розміру, але у підлітковий період гортань у хлопчиків росте швидше, їхній голос спочатку «ламається», а потім стає нижчим, ніж у жінок.

Система органів дихання

Коли ми згадуємо про органи дихання, то перше, що спадає на думку, — це легені. Але не треба забувати, що до легень повітря проходить через дихальні шляхи, які теж виконують цілий ряд важливих функцій, зокрема очищують, зігрівають і зволожують повітря (це захищає легені). Зволоження і зігрівання повітря в дихальній системі людини легко спостерігати в холодний день, коли тепла пара при видиху конденсується в краплинки води.



Мал. 3.3. Респіраторний (*а*) і нюховий (*б*) епітелій порожнини носа. Внизу — мікрофотографія війок епітелію

Вдихати повітря можна ротом, але набагато краще це робити носом. Звивисті носові ходи і порожнина носа відіграють роль природних «кондиціонерів». Шар клітин, що вистилає слизову оболонку порожнини носа, містить як *епітеліальні залозисті клітини*, що виробляють слиз, так і *війчастий*, або *миготливий епітелій* (*мал. 3.3, а*). Мікроскопічні війки епітеліальних клітин (*мал. 3.3, внизу*) захоплюють алергени, пил і мікроорганізми. Далі вони потрапляють у слиз, який постійним рухом війок переміщується в глотку, й після його ковтання потрапляють у шлунок, де і знищуються. Якби не існував такий захисний бар'єр, вони могли б натомість потрапити в легені й завдати шкоди дихальній системі. Більше слизу утворюється під час дії різних подразників — пилу, шкідливих парів, речовин з різким запахом — як захисна реакція.

Якість повітря постійно контролюється нюховим епітелієм (*мал. 3.3, б*). Це рецепторна ділянка, яка займає площу в 2,5 см² у верхній частині порожнини носа. Тут міститься декілька мільйонів *нюхових рецепторних клітин* — нейронів, на розгалужених відростках яких — *дендритах* — знаходяться вбудовані в поверхневу мембрану рецепторні білки, які забезпечують розпізнавання різних запахів. Людина має приблизно 400 видів таких білків.

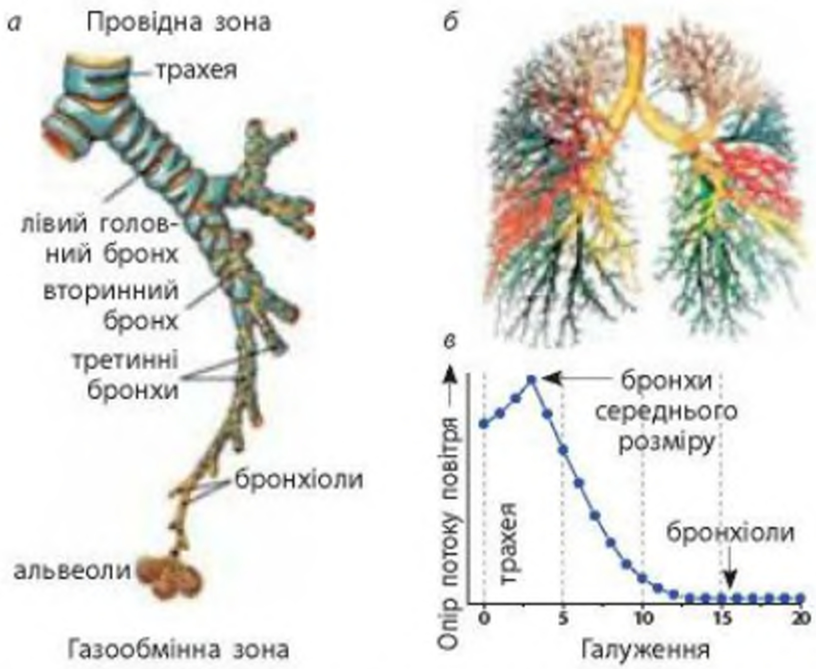
Навколо носової порожнини є з'єднані з нею вузькими ходами і заповнені повітрям придаткові пазухи носа (*мал. 3.4*). Із порожнини носа очищене повітря потрапляє *у глотку*, а далі в *гортань* (*мал. 3.4*). У глотці перетинаються дихальний і травний шляхи, але в момент ковтання гортань прикриває *надгортанник* — це еластичний хрящ, що не дозволяє їжі та воді потрапити в гортань. Під час прийому їжі не варто розмовляти або сміятися, адже тоді її компоненти можуть випадково потрапити в дихальні шляхи, що викличе приступ сильного кашлю!

На рівні гортані закінчуються *верхні дихальні шляхи*. Далі повітря потрапляє в еластичну трубку — *трахею*, де починаються *нижні дихальні шляхи* (*мал. 3.4*). Внутрішній діаметр трахеї становить 12–18 мм, а довжина — 10–15 см. Трахея має м'язово-хрящову оболонку. Хрящі трахеї у вигляді С-подібних кілець

Мал. 3.4. Будова дихальної системи людини

не дають її стінкам спадатися. Подібно до носової порожнини внутрішні стінки трахеї вистелені війчастим епітелієм (*мал. 3.3, а*), який виконує захисні функції.

Трахея розділяється на лівий і правий ***головні бронхи***, які постачають повітря відповідно в ліву і праву легені (*мал. 3.4*). Головні бронхи дають початок *вторинним*, або *часткові́м бронхам*, які розгалужуються на *третинні бронхи*, і далі на більш дрібні бронхи, аж до крихітних ***бронхіол*** діаметром лише 0,5–1 мм (*мал. 3.5, а*). У стінках бронхів є кільцевий шар гладеньких м'язів, скорочення або розслаблення яких регулює їхній діаметр



Мал. 3.5. Бронхіальне дерево людини інтенсивно галузиться, що дає можливість повітрю проходити з мінімальним опором в усі куточки легенів

і, таким чином, швидкість потоку повітря. Під час вдихання холодного або забрудненого повітря ці м'язи скорочуються, що уповільнює вентиляцію легенів і має захисне значення.

На рівні бронхіол закінчується так звана ***провідна зона***, основною функцією якої є постачання повітря в кожний найвіддаленіший куточок легенів за допомогою унікальної сильно розгалуженої структури — ***бронхіального дерева*** (*мал. 3.5, б*). Його інтенсивне галуження дозволяє значно знизити опір потоку повітря (*мал. 3.5, в*).

Наприкінці бронхіоли вже не містять залозистих клітин, кількість війчастих епітеліальних клітин теж починає зменшуватися. Таким чином, захисна функція епітелію тут закінчується, а натомість починається функція газообміну. Навколо закінчень бронхіол знаходяться ***альвеоли*** — крихітні тонкостінні міхурці діаметром 0,2–0,3 мм, стінки яких побудовані з плоского епітелію. Це кінцева частина дихальних шляхів, з яких складаються легені, і саме тут формується їх *газообмінна зона* (*мал. 3.5, а*).

Легені — це найбільші органи дихальної системи людини. Вони мають форму конуса, основа якого прилягає до діафрагми, а верхівка виступає над ключицями на 2–3 см (*мал. 3.4*). Права легеня дещо більша за ліву і має 3 частки, а ліва легеня має 2 частки і заглиблення — серцеву ямку, саме тут розташоване серце людини. Бронхи розгалужуються, утворюючи бронхіальне дерево, кінцевими «гілками» якого є бронхіоли. Альвеоли формують основну поверхню газообміну в легенях. Сумарна площа її поверхні складає приблизно 140 м^2. Кожна альвеола обплетена кровоносними капілярами. Саме тут і відбувається газообмін.

Висновки

1. Усім клітинам організму постійно потрібен кисень для підтримання клітинного дихання з метою отримання енергії у формі АТФ.
2. Дихальна система виконує цілий ряд важливих функцій: постачання кисню, видалення вуглекислого газу, участь у сприйнятті запахів і мовленні.
3. Органи дихання поділяють на органи провідної зони (повітроносні шляхи) та газообмінної зони (легені). До верхніх повітроносних шляхів відносять носову порожнину, глотку, гортань, до нижніх — трахею та бронхи.
4. У провідній зоні дихальних шляхів відбувається очищення, зволоження і зігрівання повітря. Газообмінна зона має велику поверхню за рахунок численних альвеол, де і відбувається газообмін.

Терміни і поняття

Клітинне дихання (респірація), залозистий епітелій, війчастий епітелій, нюхові рецепторні клітини, верхні і нижні дихальні шляхи, надгортанник, гортань, трахея, бронхи, бронхіоли, бронхіальне дерево, альвеоли, легені.

Контрольні запитання

1. Поясніть, у чому полягає значення дихання в житті людини.
2. Кисень надходить в організм із повітря. А де ж «береться» вуглекислий газ, який людина видихає?
3. Які органи дихання вистелені війчастим епітелієм? Яка його роль?
4. Глотка — це орган, де перетинаються дихальний і травний шляхи. Яким саме чином їжа не потрапляє в трахею?
5. Поясніть, як формується бронхіальне дерево. У чому полягає біологічне значення такого складного утворення?
6. Чому не спадаються стінки трахеї та бронхів?
7. Поясніть, яким чином утворюються звуки під час мовлення.

Завдання

Проаналізуйте зв'язки між будовою й функціями всіх органів дихання та їхніх окремих відділів. Результати свого аналізу запишіть у формі таблиці:

Орган або окрема структура	Особливості будови	Функція
1. Носова порожнина	Стінки містять залозисті клітини і війчастий епітелій. Містить нюхові рецептори	Очищення, зволоження і зігрівання повітря, сприйняття запахів
2. Гортань і надгортанник		
3. Трахея		
4. Бронхіальне дерево		
5. Легені		

§ 2. ГАЗООБМІН У ЛЕГЕНЯХ І ТКАНИНАХ

Ви дізнаєтесь про всі мандри O_2 і CO_2 у власному тілі — це важливо!

◆ Якщо я зроблю сильний видих, чи повністю спустошаться мої легені? Що відбувається з повітрям у тілі людини між вдихом і видихом? Який мій орган споживає найбільшу кількість кисню?

Для чого саме ми дихаємо? Етапи і процеси дихання

Ми вдихаємо повітря, щоб кожна клітинка нашого тіла змогла отримати кисень, а видихаємо — щоб позбутися одного з відходів життєдіяльності — вуглекислого газу. Ці дві основні функції дихання стають очевидними, якщо порівняти склад повітря, яке ми вдихаємо і видихаємо. Чисте повітря містить 21 % кисню і лише 0,04 % вуглекислого газу, тоді як видихуване — 16 % O_2

і 4 % CO_2. Різниця у вмісті цих газів яскраво демонструє споживання O_2 і виведення CO_2 з організму органами дихання.

Цей процес забезпечує дихальна система в тісній співпраці з кровоносною системою, за допомогою якої ці гази транспортуються в організмі. Якщо ви зробите глибокий вдих, то відчуєте, як повітря наповнює ваші легені, а грудна клітка розширюється. Ця, здавалося б, проста дія дихання насправді охоплює три основні етапи (*мал. 3.6*):

- *зовнішнє дихання* — це обмін газами між повітрям і кров'ю, що відбувається в легенях у процесі їх постійної *вентиляції* за рахунок дихальних рухів — поперемінних вдихів і видихів;
- *транспортування газів кров'ю* — це надходження O_2 від легенів до клітин і транспорт CO_2 у зворотному напрямку;
- *внутрішнє дихання* — це обмін газів між кров'ю і клітинами для забезпечення вже відомих нам процесів *клітинного дихання*.

Вуглекислий газ розчиняється у воді у 20 разів краще, ніж O_2, за рахунок утворення карбонатної кислоти (H_2CO_3). Саме у формі солей карбонатної кислоти (точніше, бікарбонату HCO_3^-) він в основному (на 70–80 %) і переноситься кров'ю. Для транспорту кисню, що гірше розчиняється у воді, природою було створено спеціальний залізовмісний білок *гемоглобін* (скорочено Hb). Він міститься в червоних кров'яних тільцях крові, або еритроцитах (від грец. *erythros* — червоний і *cyte* — клітина). Гемоглобін легко приєднує кисень з утворенням нестійкої сполуки — оксигемоглобіну (позначається HbO_2) — там, де його вміст високий, тобто в легенях, і легко

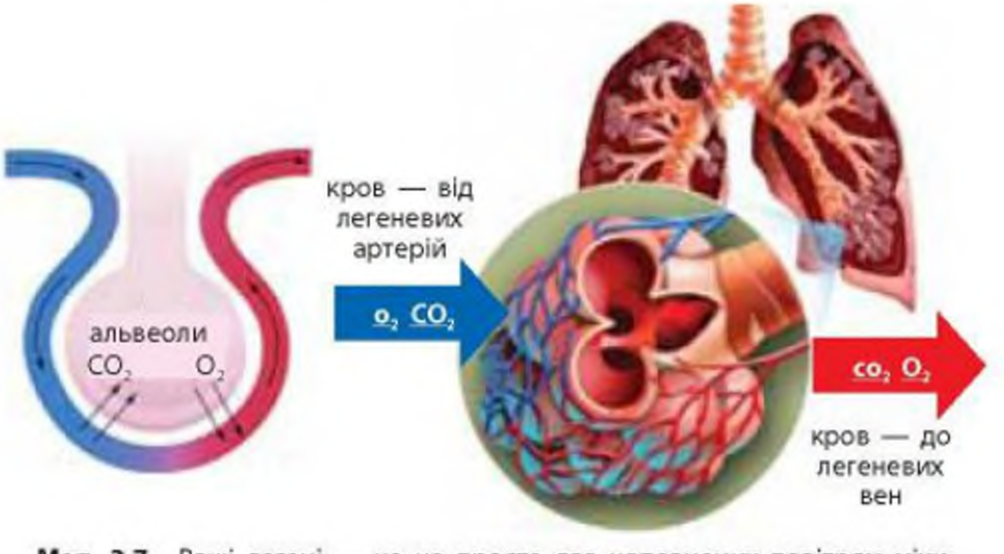
Мал. 3.6. Етапи дихання та основні процеси, які відбуваються в цей час

віддає там, де його вміст нижчий (за рахунок постійного споживання), — тобто в тканинах. 99 % O_2 транспортується у формі HbO_2, і лише 1 % — у розчиненому в плазмі крові вигляді. Крім того, гемоглобін може приєднувати і CO_2 з утворенням **карбгемоглобіну** ($HbCO_2$), але лише 20–30 % CO_2 транспортується в такий спосіб.

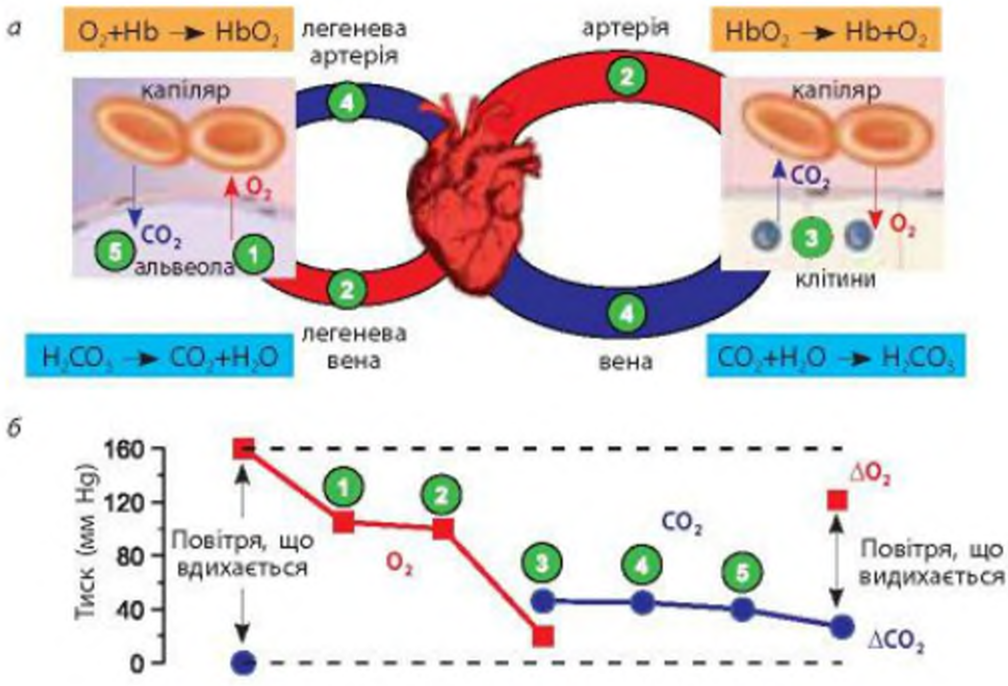
Насичення гемоглобіну киснем відбувається в легенях, а саме в капілярах — крихітних судинах, що густою сіткою оточують грона альвеол. Саме тут виникає найбільш тісний контакт між дихальною і кровоносною системами (*мал. 3.7*). Стінки альвеол побудовані з плоского епітелію, що забезпечує мінімальну відстань між повітрям в альвеолах і кров'ю в капілярах: це сприяє швидкій дифузії газів.

Насичена киснем кров артеріями великого кола кровообігу розноситься по всьому тілу, де капілярами тканин вона досягає всіх клітин організму (*мал. 3.8, а*). Клітини споживають O_2, а натомість виділяють CO_2, тому кількість O_2 в цитоплазмі клітин нижча, а CO_2 — вища, порівняно з плазмою крові. Через різницю у вмісті цих газів O_2 просочується в цитоплазму клітин, а CO_2 — у протилежному напрямку (*мал. 3.8, а, справа*). Далі кров збирається у вени, які доставляють її до серця, а звідти вже легеневими артеріями вона знову потрапляє до легенів — на цьому завершується повне коло процесів газообміну в легенях і тканинах (*мал. 3.8, а*). Підкреслимо, що газообмін відбувається шляхом дифузії — молекули O_2 і CO_2 завжди рухаються із зон вищої до зон нижчої їх концентрації, або напруження газів (*мал. 3.8, б*).

Різні органи споживають різну кількість O_2. Цю кількість вимірюють у мілілітрах O_2 за хвилину на 100 г тканини. Рекордсменом



Мал. 3.7. Ваші легені — це не просто два наповнених повітрям міхи, а мільйони крихітних альвеол, які рясно обплетені капілярами



Мал. 3.8. Газообмін відбувається шляхом дифузії:
а) зліва — в альвеолах кров насичується O_2 і одночасно позбувається CO_2; праворуч — у тканинах організму кров віддає клітинам O_2 і забирає CO_2;
б) величини напруження O_2 і CO_2 у відповідних зонах (1–5) порівняно з їх частковим тиском у повітрі, що вдихається і видихається

за цим показником є наше серце, що споживає 8,4 мл/хв O_2 на 100 г тканини. Тому серцевий м'яз є таким чутливим до нестачі кисню. Поширене захворювання атеросклероз порушує кровопостачання серця через ураження судин, що живлять серце, і веде до ішемічної хвороби серця (***ішемія*** буквально означає порушення кровопостачання — від грец. *ischo* — затримую, зупиняю і *híma* — кров).

Висновки

1. Дихання починається з вентиляції легенів — зовнішнього дихання.
2. Насичена киснем кров із легенів розноситься до всіх клітин, де вона віддає частину кисню, а натомість забирає CO_2.
3. Кисень переважно транспортується кров'ю у зв'язаному з гемоглобіном стані (у вигляді оксигемоглобіну), тоді як CO_2 — у вигляді сполук, розчинених у плазмі крові.
4. Останній етап дихання — внутрішнє дихання — включає обмін газів між кров'ю і клітинами для підтримання клітинного дихання.
5. Кисень і CO_2 проникають із зони вищого вмісту в зону з нижчим вмістом. Так, кисень у легенях проникає з альвеол у кров, а в тканинах — із крові в клітини.

Терміни і поняття

Зовнішнє дихання, вентиляція легенів, транспортування газів кров'ю, клітинне дихання, гемоглобін, оксигемоглобін, карбгемоглобін, ішемія.

Контрольні запитання

1. Які відмінності у складі вдихуваного і видихуваного повітря? Чим вони зумовлені?
2. Які процеси дихання відбуваються в легенях? Які — у крові? А які — у тканинах?
3. У якому вигляді кисень і вуглекислий газ транспортуються кров'ю?
4. Опишіть весь шлях O_2 в організмі людини, починаючи з надходження у носову порожнину.
5. Яка причина дифузії газів у легенях (скористайтеся малюнком 3.8)?

Завдання

1. Вчимося застосовувати свої знання в життєвих ситуаціях.

Олімпійські змагання з бігу по пересіченій місцевості (крос) є дуже виснажливими. Відомі приклади, коли спортсмени і спортсменки під час таких змагань переставали добре орієнтуватися, сходили з дистанції, та інколи навіть починали бігти у зворотному напрямку! Проведіть власне дослідження цієї проблеми за допомогою ресурсів Інтернету, зокрема довідайтесь, чому учасники цих змагань готуються до них за умов високогір'я.

2. Розташуйте процеси дихання у послідовності їх перебігу (скористайтеся малюнком 3.6 і 3.8):

Процеси дихання	Послідовність перебігу
1. Утворення оксигемоглобіну	
2. Розпад оксигемоглобіну на гемоглобін і кисень	
3. Проникнення кисню з альвеол у кров	
4. Проникнення кисню з крові у клітини	
5. Виведення повітря з легенів (видих)	
6. Надходження повітря в легені (вдих)	
7. Транспорт кисню кров'ю	
8. Клітинне дихання в мітохондріях	
9. Транспорт вуглекислого газу кров'ю	
10. Проникнення вуглекислого газу з крові в альвеоли	

3. Вчимося розуміти мудрість природних рішень: як будова легенів забезпечує ефективне виконання функцій?

Як би ви побудували легені, які б забезпечували максимальну ефективність газообміну між атмосферним повітрям і кров'ю? Зробили б ви повітряні мішки великими чи маленькими? І яку їх кількість?

Візьміть прямокутний пакет для зберігання харчових продуктів, заміряйте його розміри (x — довжина, y — ширина) та розрахуйте загальну площу його поверхні ($S_1 = 2 \cdot x \cdot y$). Максимально наповніть пакетик горошинками та полічіть їх кількість (N). Виміряйте діаметр горошинки середнього розміру (D) та визначте сумарну поверхню всіх горошинок, що містяться у пакеті ($S_2 = 3{,}14 \cdot D^2 \cdot N$). Порівняйте S_1 і S_2 та зробіть висновки.

Для допитливих

Артерій-венозна різниця кисню

У стані спокою артеріальна кров людини містить 200 мл O_2 в 1 л крові, а венозна — 130–140 мл/л (1 л = 1000 мл). Різниця в 60–70 мл/л показує кількість O_2, яку споживають усі клітини організму. Це так звана артерій-венозна різниця кисню. Під час фізичного навантаження артеріальна кров містить таку саму кількість O_2 (200 мл/л), а от його вміст у венозній крові зменшується до 60–70 мл/л. Отримуємо значно більшу артерій-венозну різницю O_2 — 130–140 мл на 1 л крові. Неважко здогадатися, що вона зумовлена інтенсивнішим споживанням O_2 клітинами під час фізичного навантаження, адже їм потрібно більше енергії.

§ 3. ДИХАЛЬНІ РУХИ ТА ЇХ НЕЙРОГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ

Ми не помічаємо рухів кишечника; помічаємо, але не можемо контролювати скорочення свого серця; помічаємо і можемо робити довільні дихальні рухи — але свідомий контроль над ними є досить обмеженим. Ви дізнаєтесь, чому саме так відбувається.

- Якщо легені можуть розширюватися і спадатися, то, може, вони мають власні м'язи? Коли саме скорочується діафрагма — під час вдиху чи під час видиху? Як наш організм знає, як часто і глибоко нам потрібно вдихати і видихати повітря? Чому якщо вдихнути речовину з різким запахом, то перехоплює дихання? На медогляді необхідно глибоко вдихнути і видихнути — що визначають таким чином?

Яким чином легені змінюють свій об'єм?

Тканина легенів губчаста, м'яка й еластична. Легені вкриті двома листками плеври, яка утворена сполучною тканиною. Внутрішній листок плеври покриває кожну легеню, а зовнішній — зростається зі стінкою грудної порожнини. Між двома листками плеври є герметичний простір — ***плевральна порожнина.*** У нормі вона містить невелику кількість рідини й не містить повітря. Тиск у плевральній порожнині дещо менший, ніж атмосферний тиск, і тому легені завжди тісно прилягають до грудної стінки.

Рідина плевральної порожнини виконує функцію «мастила», що полегшує ковзання поверхні легенів усередині грудної клітки. У випадку запалення легенів ця функція порушується, і хворих

турбує біль у грудях, що посилюється під час глибокого вдиху. Якщо з тих чи інших причин герметичність плевральної порожнини порушується (наприклад, внаслідок проникного поранення грудної клітки або руйнування легеневої тканини), то у плевральну порожнину потрапляє повітря, і виникає **пневмоторакс**. Тоді значною мірою порушується вентиляція легенів, що потребує невідкладної медичної допомоги.

Дихальні м'язи

Розтягування і стискання легенів дещо нагадує гру на баяні, оскільки легені не мають окремих м'язів і просто пасивно повторюють форму грудної клітки. Які ж м'язи розтягують і стискають ці «міхи», тобто виконують дихальні рухи? Знизу грудна порожнина відокремлена від черевної порожнини ***діафрагмою*** (від грец. *diaphragma* — перегородка). Діафрагма утворена посмугованими м'язами, скорочення яких насамперед і приводить до розширення легенів. У такому разі діафрагма опускається донизу, а одночасні скорочення зовнішніх міжреберних м'язів піднімають ребра, що веде до збільшення об'єму грудної клітки. Вдих відбувається таким чином, що тиск повітря в альвеолах ніби весь час «доганяє» атмосферний тиск, тобто повітря начебто всмоктується в легені в результаті їх розширення (*мал. 3.9*). Навпаки, під час видиху діафрагма розслаблюється й пасивно піднімається у своє вихідне положення, а розслаблення зовнішніх і скорочення внутрішніх міжреберних м'язів (останнє в основному відбувається лише при глибокому видиху) стискає грудну клітку. У результаті об'єм легенів зменшується, і повітря з них виштовхується через дихальні шляхи.

Мал. 3.9. Механіка дихання

Оскільки повітря під час дихальних рухів переміщується за рахунок досить невеликої різниці тиску, важливо, щоб дихальні шляхи не чинили цьому процесу значного опору. Під час деяких захворювань (наприклад, бронхіальна астма, запалення дихальних шляхів) їхній просвіт може звузитися настільки, що це перешкоджає вільному проходженню повітря — дихання людини утруднюється.

Легеневі об'єми та ємності

Під час вдиху розмір альвеол збільшується, і вони наповнюються свіжим повітрям. Під час видиху, навіть дуже сильного, стінки альвеол повністю не спадаються, тому що в них завжди залишається повітря — це так званий ***залишковий об'єм*** (*мал. 3.10*).

Об'єм повітря, яке ми вдихаємо і видихаємо, називається ***дихальним об'ємом***. Його можна визначити за допомогою спеціального приладу — спірометра (від лат. *spirare* — дихати). Такі виміри — ***спірометрія*** — важливі для діагностики захворювань дихальної системи. Під час спокійного дихання дихальний об'єм становить приблизно 0,5 л (*мал. 3.10*). Після спокійного видиху людина здатна ще максимально видихнути 1–1,4 л повітря — це ***резервний об'єм видиху***, а після спокійного вдиху — додатково вдихнути до 1,5–1,8 л — це ***резервний об'єм вдиху***. Дихальний об'єм разом із цими двома резервами складає ***життєву ємність легенів (ЖЄЛ)*** — один з основних показників нормальної функції легенів. Він становить 3,5–5 л у чоловіків і 3–4 л у жінок. Важливо підкреслити, що розподіл загального об'єму на ці частки є умовним, адже легені завжди працюють як єдине ціле.

Мал. 3.10. Спірометрія дає змогу виміряти легеневі об'єми та ємності. Наведені показники приладу під час спокійного дихання, потім глибокого вдиху, глибокого видиху і знову спокійного дихання. Ці дані накладено на зображення легені для порівняння цих об'ємів

ЖЄЛ залежить від зросту людини, віку, статі, фізичної тренованості. Регулярні фізичні вправи, гра на духових музичних інструментах, заняття вокалом збільшують ЖЄЛ і загалом покращують функцію дихання. Тютюнопаління, навпаки, веде до її зменшення, особливо якщо починати палити в молодому віці.

Нейрогуморальна регуляція дихальних рухів

Дихальні рухи є настільки природними, що ми зазвичай навіть не замислюємося, чому вони відбуваються. Втім, ці рухи є дуже складними, впорядкованими. Доросла здорова людина в стані спокою робить у середньому 15–17 вдихів і видихів за одну хвилину. Частота дихальних рухів може значно зростати під час фізичної активності та в разі деяких захворювань, зокрема коли підвищується температура тіла. Частота дихання є вищою у новонароджених дітей і в перший рік життя — 30–50 вдихів і видихів за хвилину, а у віці 6–12 років вона поступово зменшується до 20–30 вдихів і видихів за хвилину.

Людина на деякий час здатна затримати дихання або, навпаки, довільно почати дихати частіше або глибше. Під час фізичних вправ ми дихаємо частіше й сильніше, а коли спимо — повільніше й спокійніше. Як саме наш організм «дізнається», коли нам потрібно вдихати і видихати повітря часто і глибоко? Дихання відбувається під контролем нейрогуморальної регуляції таким чином, щоб у кожний момент не тільки максимально задовольнялися потреби організму в O_2, а, передусім, щоб у тканинах не накопичувався шкідливий CO_2.

Центр, що контролює наше дихання, міститься у нижній частині головного мозку, у його стовбурі (*мал. 3.11*). Цей регулятор дихання — ***дихальний центр*** — містить дві ділянки: збудження однієї відповідає за вдих, а другої — за видих. Як саме дихальний центр контролює наше дихання? Основним сигналом для збудження (активації) дихального центру, що, своєю чергою, стимулює дихальні рухи, є підвищення вмісту CO_2 у плазмі крові. Саме зростання вмісту вуглекислого газу в крові спричинює перший вдих новонароджених! Також якщо ви вирішили затримати дихання, то саме зростання вмісту вуглекислого газу в крові до певного критичного значення активує дихальний центр і запускає механізм вдиху, незважаючи на ваше бажання затримати його.

Мал. 3.11. Розташування дихального центру в головному мозку

У разі деяких захворювань, травм, під час хірургічних операцій людина не може дихати самостійно. Апарати штучного дихання качають повітря в легені та у зворотному напрямку й таким чином імітують функцію зовнішнього дихання.

Висновки

1. Об'єм легенів завжди повторює об'єм грудної порожнини, тому що герметичний простір між легенями і поверхнею грудної порожнини — плевральна порожнина — заповнений рідиною.
2. Дихальні рухи виникають за рахунок скорочень і розслаблення діафрагми і міжреберних м'язів, а їхню силу й частоту контролює дихальний центр.
3. Основним сигналом для активації дихального центру, що, своєю чергою, стимулює дихальні рухи, є підвищення вмісту CO_2 у плазмі крові.
4. Життєва ємність легенів — це один з основних показників їхньої нормальної функції. Вона складається з дихального об'єму та резервних об'ємів вдиху і видиху.

Терміни і поняття

Плевральна порожнина, пневмоторакс, діафрагма, спірометрія, залишковий об'єм, дихальний об'єм, резервний об'єм вдиху, резервний об'єм видиху, життєва ємність легенів, дихальний центр.

Контрольні запитання

1. Яка будова і функції плевральної порожнини?
2. Чому пневмоторакс може загрожувати життю настільки, що він потребує невідкладної медичної допомоги?
3. Що таке діафрагма? Як вона працює під час вдиху і видиху?
4. Яка роль у дихальних рухах міжреберних м'язів?
5. Що таке життєва ємність легенів? Які об'єми входять до складу ЖЕЛ?
6. Які чинники впливають на показники життєвої ємності легенів?
7. Як відбувається нейрогуморальна регуляція дихальних рухів?

Завдання

1. Як відомо, у плевральній порожнині тиск нижчий за атмосферний на 5–6 мм рт. ст. Як зміниться тиск при пневмотораксі у плевральній порожнині? Змоделюйте зміни об'єму легені в такому випадку. Чому ускладниться процес вентиляції легені?

2. У 1890 р. бельгійський фізіолог Л. Фредерік провів свій знаменитий дослід із перехресним кровообігом. У двох собак, які перебували під наркозом, він перерізав, а потім перехресно з'єднав окремо сонні артерії (великі судини, що відповідно постачають артеріальну кров до мозку) та окремо яремні вени (судини, які збирають венозну кров від мозку). Таким чином, голова першої собаки отримувала кровопостачання від тіла другої собаки, і навпаки. Одній із тварин він тимчасово перекривав дихальні шляхи. Спробуйте намалювати схему цього експерименту та запропонуйте, як саме Л. Фредерік зміг експериментальним шляхом продемонструвати роль хімічних факторів у регуляції дихання.

§ 4. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ ДИХАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтесь про найбільш поширені проблеми, пов'язані з диханням, а також про основні захворювання, що негативно впливають на дихальну систему.

◆ Чи існують правила здорового дихання? Усі говорять про шкідливість куріння, але які є докази цього? Є так багато різних порад щодо уникнення інфекційних захворювань дихальної системи, але як у них розібратися?

Що відбувається, коли в організмі виникає дефіцит кисню або накопичується надлишок вуглекислого газу?

Такі проблеми можуть виникати при порушенні функцій як дихальної, так і серцево-судинної систем, адже вони тісно пов'язані. При нестачі O_2 у тканині виникає ***гіпоксія*** (від грец. *hypo* — під, внизу), або ***кисневе голодування.*** Якщо такий стан виникає в життєво важливих органах, смерть може настати за лічені хвилини. Інколи подібний стан — гірська хвороба — виникає у цілком здорових людей на великій висоті, де в повітрі міститься значно менше кисню. Різні тканини і органи людини мають різну чутливість до гіпоксії. Під час зупинки дихання першим страждає мозок, а потім — серце. При дефіциті кисню виникає запаморочення, сплутаність мислення, а потім і втрата свідомості. Без кисню нейрони мозку гинуть менш ніж за 10 хвилин.

При недостатності функцій дихальної або кровоносної системи в організмі людини не тільки виникає гіпоксія, а й накопичується вуглекислий газ. У разі такого «отруєння» вуглекислим газом дихання стає частим і поверхневим, виникають головний біль, нудота, запаморочення, судоми м'язів, а у важких випадках — порушення ритму серця, втрата свідомості.

Дихальна недостатність

Із різних причин може виникати ***дихальна недостатність*** — неспроможність дихальної системи забезпечити нормальний газообмін. Однією з причин хронічної дихальної недостатності є захворювання легенів, що називається ***емфізема*** (від грец. *emphysae* — надуваю, роздмухую). Це захворювання, при якому руйнуються делікатні стінки альвеол, що призводить до збільшення їх об'єму (*мал. 3.12*).

Мал. 3.12. Емфізема легенів

Видих тоді зробити важко, він потребує значних зусиль, тому що легені втрачають свою еластичність. Найчастіше на емфізему страждають курці. Статистика захворювань свідчить про те, що підлітки-курці також частіше страждають від застуд і кашлю.

Інфекційні захворювання, які впливають на дихальну систему

Найчастішими захворюваннями, від яких страждають наші органи дихання, є ***нежить***, або ***риніт*** (від грец. *rin* — ніс), і ***грип***. Ці захворювання спричиняють віруси, хоча досить частою причиною появи симптомів нежиті (закладення носа, значні виділення носового слизу, кашель) є також і алергени. Подібні симптоми часто виникають і при грипі.

Бронхіт виникає внаслідок запалення бронхів. Для його перебігу характерні кашель і надмірна секреція слизу, задишка, відчуття стискання в грудях. Бронхіт може бути спричинений вірусами або бактеріями — стафілококами, стрептококами тощо. Куріння, забруднене повітря і пил теж можуть стати причиною бронхіту.

Одним з найбільш загрозливих захворювань органів дихання є ***пневмонія*** — інфекційне захворювання однієї або обох легенів. Пневмонія може спричинятися багатьма різними мікроорганізмами. Захворювання супроводжується високою температурою, кашлем, задишкою, болем у грудях. Пневмонія часто може виникати як ускладнення грипу, інших інфекційних захворювань. При пневмонії не можна займатися самолікуванням, обов'язково треба звернутися до лікаря.

Пригадаємо, що придаткові пазухи з'єднуються з носовою порожниною вузькими ходами. При респіраторних інфекціях ці ходи можуть легко блокуватися густим слизом, і тоді виникає запалення в одній або декількох придаткових пазухах носа — ***синусит***. Запалення, що виникає в найбільших парних пазухах верхньої щелепи, називається ***гайморит***. Не варто ігнорувати відчуття закладення носа!

Туберкульоз — це поширене інфекційне захворювання, збудником якого найчастіше є мікобактерія туберкульозна паличка — паличка Коха. Ці бактерії зазвичай уражають легені, але можуть завдавати шкоди й іншим органам. Збудники туберкульозу поширюються не тільки через повітря, а й через побутові речі спільного користування. Симптоми туберкульозу: сильний тривалий кашель, втрата апетиту й маси тіла, виділення кров'янистої мокроти, слабкість із відчуттям сильної втоми, нічна пітливість. У всьому світі туберкульоз є однією з десяти основних причин смертності.

Шкідливий вплив забрудненого повітря і алергенів

Забруднене повітря сьогодні стає однією з глобальних проблем людства. За останніми даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щороку у світі від цієї причини помирає 7 млн людей, тобто кожен восьмий. Забруднене повітря спричиняє цілу низку гострих і хронічних захворювань органів дихання. Особливу загрозу воно несе людям із захворюваннями дихальної системи, зокрема хворим на астму. ***Бронхіальна астма*** — це хронічне захворювання, при якому в людини періодично трапляються приступи задишки, хрипіння, кашлю. Ці симптоми спричиняються звуженням просвітів бронхів через скорочення клітин м'язових оболонок бронхів, набряк слизових оболонок і посилення секреції слизу.

Як уникнути захворювань дихальної системи?

Усі ми добре знаємо, що запобігти захворюванням значно легше, ніж лікувати їхні наслідки. Вас, напевно, вчили прикривати рот і ніс під час чхання і кашлю — адже в цей момент мільйони мікроскопічних частинок із ваших дихальних шляхів викидаються в повітря. І якщо ви інфіковані вірусами чи бактеріями, вони можуть передатися іншій людині, і вона захворіє. Вірус грипу поширюється дуже легко й швидко, в основному повітряно-крапельним шляхом. Тому хворі повинні залишатися вдома, щоб звести до мінімуму свої контакти зі здоровими людьми. Під час епідемії грипу припиняють роботу дитячі садки, школи й інші навчальні заклади. У місцях скупчення людей важливо користуватися марлевими пов'язками, щоб не допустити розповсюдження інфекції.

Розвитку нежиті сприяє переохолодження, а також запиленість повітря, тому важливо регулярно прибирати і провітрювати приміщення. Є ряд рекомендованих заходів для зниження ризику захворіти на грип чи нежить:

- уникайте контактів із хворими людьми та речами, якими вони користувалися;
- часто мийте руки;
- не куріть. Згадаймо, як війчасті епітеліальні клітини захищають нашу дихальну систему від вторгнення мікроорганізмів (*мал. 3.3, а*). Рух війок значно пригнічується у курців, що зменшує цей захист;
- пийте більше води і соків — це допомагає виділенню епітеліальними залозистими клітинами слизу, який захоплює і видаляє збудників хвороб так само, як і пил;

Мал. 3.13. Проба Манту

• займайтеся спортом, висипайтесь, уникайте стресів і надмірного фізичного та розумового навантаження — все це покращує функцію імунної системи.

Проти вірусів грипу є вакцини, але їхня ефективність ще недостатньо висока, через те, що існує кілька типів вірусів грипу і вони дуже мінливі. А от захворюваність на туберкульоз у минулому столітті значно знизилася завдяки відкриттю ***вакцини БЦЖ***, широкій вакцинації населення та застосуванню ефективних антибіотиків. Для профілактичного обстеження дітей на туберкульоз робиться ***проба Манту*** (*мал. 3.13*).

Висновки

1. При порушенні функції системи дихання в організмі виникає дефіцит O_2. Від гіпоксії особливо страждають клітини мозку та серця. Одночасно надлишок CO_2 теж може загрожувати життю людини.
2. Захворювання дихальної системи найбільш часто спричиняють віруси, бактерії, алергени, забруднене повітря, куріння.
3. Основними інфекційними захворюваннями органів дихання є риніт, грип, бронхіт, пневмонія, туберкульоз; алергічними — бронхіальна астма та алергічний риніт.
4. Дотримання правил профілактики захворювань дихальної системи дає змогу уникнути збудників інфекцій і покращити власні захисні ресурси, що значно знижує ризик виникнення хвороби.

Терміни і поняття

Кисневе голодування, гіпоксія, дихальна недостатність, емфізема, грип, нежить, риніт, бронхіт, пневмонія, синусит, гайморит, туберкульоз, бронхіальна астма, вакцина БЦЖ, проба Манту.

Контрольні запитання

1. Які симптоми виникають при дефіциті кисню?
2. Які захворювання дихальної системи викликають віруси?
3. Які захворювання органів дихання спричинюють бактерії?
4. Які заходи стримують поширення туберкульозу серед населення?
5. Які порушення функцій і захворювання дихальної системи спричиняє куріння?

Завдання

1. Вчимося застосовувати свої знання в життєвих ситуаціях.

Ліки від нежиті полегшують дихання, тому що вони містять так звані деконгестанти — речовини, які зменшують кількість слизу. Але ж ми знаємо, що слиз відіграє захисну роль. Чи не вбачаєте ви в цьому певний парадокс? Запишіть усі можливі аргументи «за» чи «проти» використання деконгестантів, а потім у класі спільно обговоріть цю проблему.

2. Щоб краще зрозуміти і запам'ятати правила для запобігання інфікуванню ваших дихальних шляхів, складіть табличку, у якій розподіліть ці правила на дві основні групи: А — ті, що допомагають уникнути збудників інфекцій; Б — ті, що допомагають нам не захворіти, якщо навіть збудники інфекції потрапили в наш організм. На наступному уроці обговоріть ваші результати. Можливо, ви можете доповнити ці правила?

Уникаємо інфекції	Покращуємо захисні можливості
Потрібно регулярно прибирати і провітрювати приміщення	Потрібно пити більше води і соків

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що дихальна й кровоносна системи тісно пов'язані, адже вони виконують спільну життєво важливу функцію — постачання кисню тканинам і видалення з організму вуглекислого газу — шкідливого побічного продукту окиснення глюкози.
2. Ми дізналися про найбільш поширені захворювання дихальної системи та правила профілактики цих захворювань.
3. Ми усвідомили, що велика поверхня газообміну в легенях потрібна для максимально ефективного забезпечення метаболічних потреб організму в кисні, а також для видалення CO_2, але під час вдихання забрудненого повітря це є і велика поверхня для контакту з різними шкідливими речовинами.
4. Ми здобули переконливі докази негативного впливу куріння на наш організм.

Знаю — вмію

- Я знаю, що дихання — це одна з життєво важливих функцій організму, і для чого потрібні постійне постачання O_2 та видалення CO_2.
- Я знаю, як побудована дихальна система, які захисні пристосування вона має і як ця система виконує роль «природного кондиціонера» повітря для його зволоження, зігрівання й очищення.
- Я вмію показати на малюнках усі органи дихальної системи та пояснити функцію кожного з них.
- Я вмію пояснити взаємозв'язок будови і функцій органів дихання.
- Я знаю етапи дихання і що відбувається в моєму тілі під час кожного з них.
- Я знаю, що за нормальних умов мій дихальний центр насамперед стимулюється підвищеною кількістю вуглекислого газу в організмі.
- Я знаю, яку користь для дихальної системи мають фізичні вправи, і чому їх краще робити на свіжому повітрі.
- Я тепер умію аргументовано довести шкідливість куріння.
- Я знаю про шкідливий вплив забрудненого повітря на органи дихання, а також основні захворювання, які негативно впливають на дихальну систему.

ТРАНСПОРТ РЕЧОВИН

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- **про всі функції крові;**
- **як рухається кров судинами;**
- **чому припиняється кровотеча;**
- **як працює серце людини;**
- **якими бувають захворювання серцево-судинної системи і як можна знизити їх ризик**

§ 1. ВНУТРІШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ОРГАНІЗМУ. КРОВ, ЇЇ СКЛАД ТА ФУНКЦІЇ. ЛІМФА

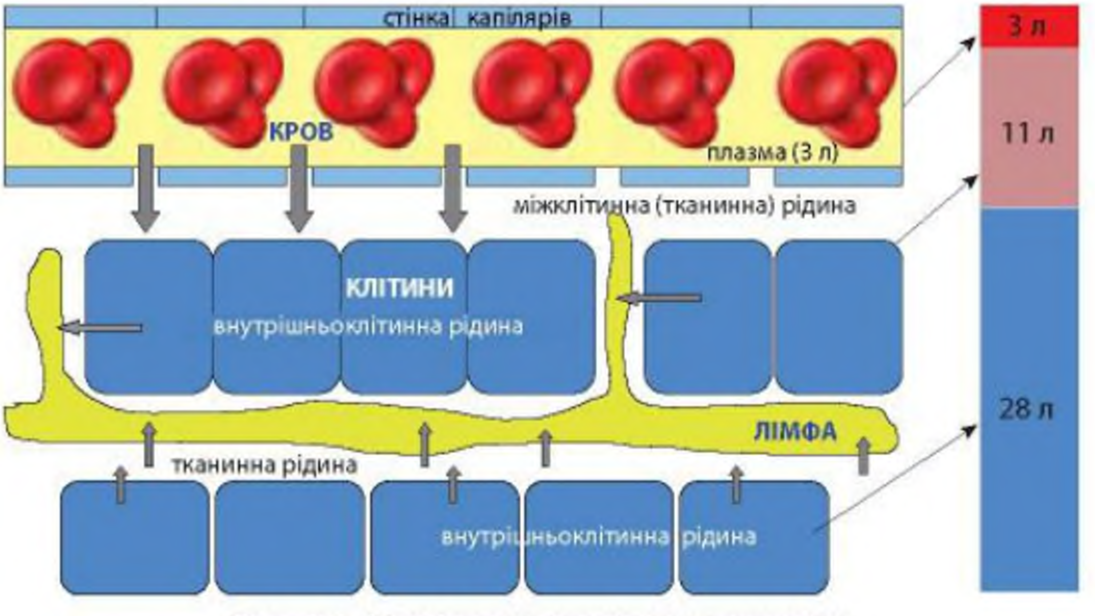
Ви дізнаєтесь, що плазма крові становить лише 7 % усієї рідини організму; які є клітини крові та які їхні функції; як кров регулює склад внутрішнього середовища.

◆ З чого складається кров? Кров — це тканина? Для чого потрібна кров? Що таке лімфа? Чому виникають набряки?

Як пов'язані між собою компоненти внутрішнього середовища організму?

Усі знають, що тіло людини на 60–70 % складається з води. Де ж вона міститься? Не тільки у крові й лімфі, як видається на перший погляд. Виявляється, більша частина води зосереджена у цитоплазмі клітин. Це — ***внутрішньоклітинна рідина організму***. Для людини масою 70 кг вона становить приблизно 28 л. Між клітинами міститься ***міжклітинна (тканинна) рідина***, у якій «купаються» всі клітини. Багато рідини міститься у кровоносних і лімфатичних судинах, у сумках суглобів, довкола серця, легенів, мозку. Ці рідини разом складають ***внутрішнє середовище організму*** (*мал. 4.1*).

Рідини внутрішнього середовища пов'язані настільки тісно, що частина однієї рідини переходить до складу іншої. Розглянемо це детальніше. Поживні речовини (амінокислоти, глюкоза тощо), кисень, різні розчинені солі досить легко проходять із крові



Мал. 4.1. Схема розподілу рідини в організмі

Мал. 4.2. Лімфатична система працює, як губка

в міжклітинну рідину через маленькі пори у стінках капілярів та через клітини цих найтонших судин (*мал. 4.1*).

Тому міжклітинна рідина за своїм складом подібна до ***плазми*** — рідкої міжклітинної частини крові. Проте у тканинну рідину майже не проникають білки — вони лишаються у капілярах. Клітини в процесі життєдіяльності утворюють продукти обміну — вуглекислий газ, аміак, які потрапляють у тканинну рідину, а звідти — у кров.

Із капілярів у тканинну рідину постійно проникає і певна кількість води, але не вся вона повертається назад у кров (*мал. 4.2*). Зверніть увагу на різну довжину стрілочок, що ілюструє різну швидкість виходу і повернення рідини у капіляр у різних його ділянках. Як саме об'єм крові залишається постійним, і в тканинах та органах не формуються набряки? Відведення надлишку води назад у кров забезпечує лімфатична система. У міжклітинному просторі беруть початок дрібні лімфатичні капіляри, які заповнені лімфою (*мал. 4.2*). ***Лімфа*** — важливий компонент внутрішнього середовища організму. Надлишок міжклітинної рідини швидко надходить у лімфатичні капіляри, а далі — у більші лімфатичні судини. Зрештою з лімфатичних судин ця рідина знову потрапляє в кровоносні судини — а саме у вени поблизу серця, де і відбувається об'єднання кровоносної і лімфатичної систем. Таким чином, лімфатична система виконує роль губки, що вбирає зайву міжклітинну воду (*мал. 4.2*). Для організму дуже важливо підтримання ***гомеостазу*** — збереження сталості внутрішнього середовища.

Головну роль у підтриманні сталості внутрішнього середовища відіграє кров, перш за все тому, що вона швидко рухається всім організмом і здатна транспортувати речовини від одних органів до інших. Кровоносні судини утворюють розгалужену мережу, що пов'язує між собою усі органи, — жодна клітина тіла людини не міститься від капіляра на відстані, що перевищує приблизно 0,1 мм!

Склад і функції крові

Кров належить до тканин внутрішнього середовища. Але, на відміну від сполучних тканин інших типів, позаклітинне середовище крові рідке, що і дає змогу їй постійно циркулювати тілом.

Середня кількість крові становить 7 % маси тіла, або приблизно 5 л. При цьому на плазму припадає 55–60 %, а на формені елементи — 40–45 %.

Вода становить 90–92 % об'єму плазми крові. Білки плазми крові складають значну її частину — 7–8 %. Це насамперед *альбумін* — основний білок плазми крові (54–60 % усіх білків) та *глобуліни* (35–38 %). Ці білки відіграють важливу роль у транспорті різних речовин, визначають фізико-хімічні властивості крові, є важливими в забезпеченні імунних реакцій. Особливими за функцією є ***фібриногени***, які складають 4–7 % усіх білків і необхідні для зсідання крові.

У плазмі також є глюкоза, жири, амінокислоти, продукти обміну (аміак, сечовина). Плазма містить 0,9 % солей, їхній вміст має бути практично незмінним. Якби концентрація солей різко зменшилася, то клітини крові переповнилися б водою, а якби збільшилася — вони зморщилися б від утрати води. Тож лікарі за необхідності поповнити кількість рідини вводять у кров людини *фізіологічний* (або *ізотонічний*) *розчин*, що має таку саме концентрацію солей — 0,9 %.

Основними клітинами крові — їх ще називають ***формені елементи крові*** — є *червоні кров'яні тільця* — ***еритроцити***, *білі кров'яні тільця* — ***лейкоцити*** (від грец. *leuko* — білий) і *кров'яні пластинки* — ***тромбоцити*** (від грец. *thrombos* — згусток і *cytus* — клітина) (*мал. 4.3*). Вони утворюються у червоному кістковому мозку — м'якій тканині, що міститься всередині багатьох кісток.

Найбільше в крові еритроцитів — маленьких без'ядерних дископодібних клітин двоввігнутої форми, які транспортують кисень за допомогою гемоглобіну. Висока концентрація еритроцитів (4–5,5 млн в 1 мм^3) означає, що саме ці клітини надають крові характерної в'язкості й кольору. Гемоглобін змінює свій колір залежно від ступеня його насиченості киснем. Тому артеріальна кров має яскраво-червоне забарвлення — це колір гемоглобіну, насиченого киснем на 97 %, тоді як венозна кров має темно-червоне із синюватим відтінком забарвлення — колір гемоглобіну, насиченого киснем на 75 %. Дізнавшись про це, ви тепер знаєте, чому на малюнках ми позначаємо артерії червоним, а вени — синім кольорами.

Мал. 4.3. Маленька краплинка крові містить мільйони еритроцитів (зліва), тромбоцитів (посередині) і лейкоцитів (справа) (сканувальна електронна мікроскопія)

Лейкоцитів у крові порівняно невелика кількість — від 4 до 10 тис. на 1 мм³. Це єдиний тип клітин крові, які мають ядро і повний набір інших органел. Лейкоцити виконують різноманітні функції захисту організму, зокрема, це боротьба зі збудниками інфекційних захворювань і навіть раковими клітинами (тема «Регуляція функцій організму»). Під час деяких захворювань (апендицит, ангіна) кількість лейкоцитів зростає — виникає лейкоцитоз.

Тромбоцити (їх від 150 до 400 тис. 1 мм³) не мають органел або ядра, це «неповні» клітини, так звані кров'яні пластинки. Вони відіграють важливу роль у зсіданні крові при пораненні судин.

Тож основні функції крові:

1. *Транспорт речовин* — із кров'ю всі клітини організму отримують кисень і позбуваються зайвих речовин. Різні «відходи» транспортуються кров'ю до печінки й нирок для їх знешкодження та видалення із сечею і жовчю. Також кров транспортує «інформаційні молекули» — гормони і таким чином бере участь у регуляції роботи організму.

2. *Захист організму* — лейкоцити захищають організм від інфекцій, а тромбоцити — від утрати крові при пораненні.

3. *Підтримання гомеостазу* — кров допомагає підтримувати хімічний баланс в організмі.

4. Також кров відіграє важливу роль у *терморегуляції* — збереженні постійної температури тіла, про що детальніше ви дізнаєтеся пізніше.

Лімфатична система

Як ви вже знаєте, лімфатична система тісно пов'язана з кровоносною. Вона складається з лімфатичних капілярів, які починаються у міжклітинному просторі, лімфатичних судин і вузлів. Для руху лімфи немає такого «насоса», як серця для кровотоку. Натомість лімфатичні судини мають клапани, які дозволяють лімфі текти тільки в одному напрямку.

Мал. 4.4. Клапани лімфатичних судин забезпечують односторонній рух лімфи

Рух лімфи спричиняється скороченнями скелетних м'язів, які під час м'язової активності стискають стінки судин і начебто «протискують» лімфу через клапани, а назад вона вже повернутися не може — це подібно до руху крові у венах (*мал. 4.4*). Це ще один аргумент на користь

фізичних вправ, адже так ми допомагаємо уникати застою лімфи в лімфатичних судинах.

Головною функцією лімфи, як уже зазначалося, є відведення надлишку води з тканин назад у кров. Якщо ж у тканинах розвинулося запалення, наприклад, унаслідок проникнення і розмноження там бактерій (пульпіт зуба, ангіна), то шкідливі речовини, які утворюються, та й самі бактерії спочатку потрапляють у лімфатичну систему й знешкоджуються в лімфатичних вузлах, а не надходять у кров. Таким чином, лімфатична система теж бере участь у захисті організму від інфекцій. Також лімфа відіграє важливу роль у транспорті жирів. Внаслідок їх особливо високого вмісту в лімфатичних судинах навколо кишечника вона в цьому місці навіть має колір молока.

Висновки

1. Міжклітинна (тканинна) рідина, кров, лімфа, цитоплазматична рідина утворюють внутрішнє середовище організму. Усі ці рідини тісно пов'язані між собою.
2. Кров складається з плазми та формених елементів. Еритроцити заповнені гемоглобіном і забезпечують транспорт кисню. Лейкоцити забезпечують імунний захист, тромбоцити відіграють важливу роль у зсіданні крові. Плазма складається з води, білків, глюкози, солей, жирів, продуктів обміну.
3. Функції крові — транспортна, захисна (імунітет і зсідання крові), забезпечення гомеостазу, терморегуляційна.
4. Лімфатична система має важливе значення для повернення надлишкової міжклітинної рідини в кров, а також для транспорту жирів і захисту від інфекцій.

Терміни і поняття

Міжклітинна рідина, плазма крові, фібриноген, формені елементи крові (еритроцити, лейкоцити і тромбоцити), лімфа, внутрішнє середовище організму.

Контрольні запитання

1. Які компоненти складають внутрішнє середовище організму?
2. Що таке гомеостаз і чому збереження гомеостазу важливе для організму?
3. Поясніть, як пов'язані між собою кров, лімфа і тканинна рідина.
4. Який склад плазми крові?
5. Чому в кров не можна вливати дистильовану воду (у великих кількостях)?
6. Які функції виконують білки крові?
7. Які функції виконують еритроцити, лейкоцити, тромбоцити?
8. Як лімфа рухається лімфатичною системою?

Завдання

1. Впишіть назви речовин або органів у схему (*мал. 4.5*), що відображає транспортну функцію крові. Стрілками показано напрям транспорту речовин кров'ю.

? ? ?		? ? ?
кисень ↘ ↖ ? ? ?		↙ глюкоза ↙ амінокислоти
КЛІТИНИ ОРГАНІЗМУ		
↗ ? ? ?		? ? ? ↘
Ендокринні залози		Нирки

Мал. 4.5. Схема транспорту речовин кров'ю

2. Визначте, якому виду формених елементів крові відповідає кожна з ознак? Яка ознака властива всім форменим елементам?

Ознака	Вид формених елементів крові
1. Дрібні, мають форму пластинок	
2. Заповнені білком гемоглобіном	
3. Транспортують кисень	
4. Захищають від збудників інфекційних хвороб	
5. Мають ядро й інші органели, властиві клітині тварин і людини	
6. Відіграють важливу роль у згортанні крові	
7. Виконують свою «роботу» переважно за межами кровоносних судин	
8. Утворюються в червоному кістковому мозку	
9. Мають форму двоввігнутого диска	
10. Здатні утворювати несправжні ніжки й рухатися амебоподібно	

Для допитливих

Чому виникають набряки?

Набряки найчастіше виникають при запаленні, травмі, укусах комах, інфекціях. Набряк тканини розвивається внаслідок накопичення в ній зайвої міжклітинної рідини. Набряки можуть бути дуже небезпечними, коли вони виникають у життєво важливих органах, таких як легені. Набряки, особливо помітні довкола гомілковостопного суглоба, свідчать про те, що організм погано справляється з транспортом рідини, наприклад, унаслідок недостатності функції серця. Частою причиною набряку є підвищення проникності капілярів або їх ушкодження. Це трапляється при сильному запаленні, опіку, травмі. Якщо проникність стінок капілярів збільшується, то в міжклітинний простір із крові виходить більше рідини, і лімфатична система не може всю її поглинути — усередині тканини виникає своєрідний «потоп».

Що таке гематокрит і навіщо його визначають?

Для підтримання нормального тиску і циркуляції крові особливо важливим є достатній її об'єм (але не зайвий). Відносний об'єм клітин крові називають гематокритним числом, або просто гематокрит. Наприклад, гематокритне число 40 % означає, що в 100 мл крові 40 мл припадає на клітини, а 60 мл — на плазму. Цей показник у нормі становить 39–50 % у чоловіків і 35–45 % у жінок. Його визначають за допомогою спеціальних пробірок із поділками, у яких кров центрифугують, і тоді всі клітини осідають (*мал. 4.6*). Гематокрит крові є показовим при деяких захворюваннях, коли кількість еритроцитів або зменшується (анемія), або зростає (еритремія).

Мал. 4.6. Визначення гематокритного числа

§ 2. ЗСІДАННЯ КРОВІ. КРОВОТЕЧІ

Ви дізнаєтесь про те, як тромбоцити захищають нас від кровотечі і чому хвороба гемофілія така небезпечна.

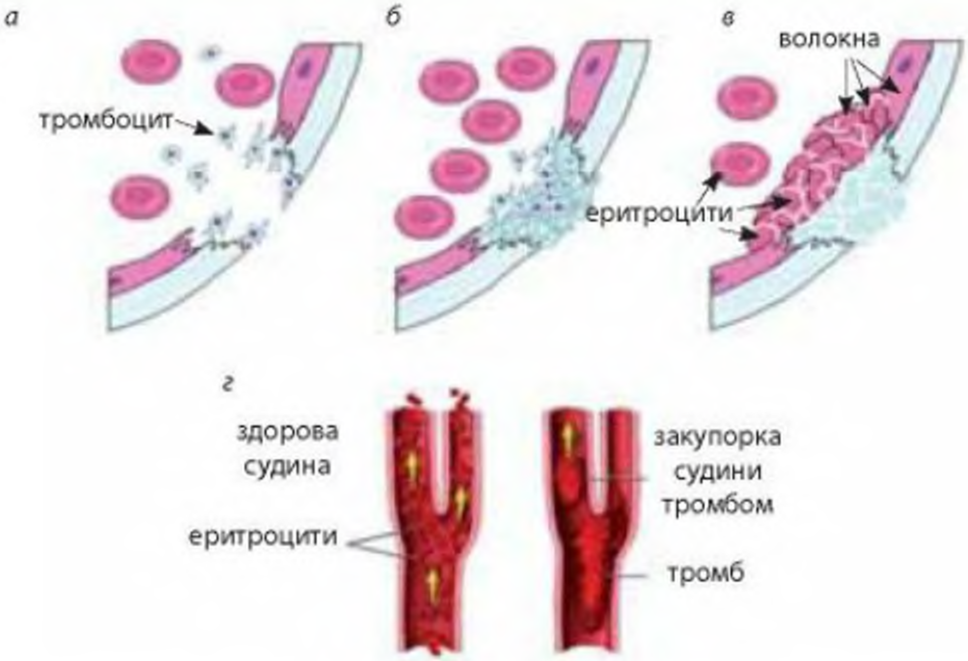
- Коли внаслідок зовнішнього пошкодження на тілі утворюється невеличка ранка, то кровотеча припиняється за кілька хвилин. Як це відбувається? Що таке тромб? Як правильно зупинити кровотечу?

Як відбувається зсідання крові?

Зсідання крові — це процес її загустіння, під час якого розчинний білок плазми фібриноген перетворюється на нерозчинний білок фібрин, і утворюється тромб. Він має важливе захисне значення для організму. Це той запобіжник, який мінімізує її втрату під час поранень. Це складний процес, у якому беруть участь клітини кількох типів та деякі білки плазми крові. Він охоплює три основні етапи: судинний, тромбоцитарний і власне зсідання крові.

1. *Судинна фаза.* При пораненні судини перш за все відбувається її сильне скорочення в місці поранення — ***спазм судини***. Клітини гладеньких м'язів у стінці судини скорочуються внаслідок їх механічного подразнення, що зменшує просвіт судини і, відповідно, швидкість кровотечі.

2. *Тромбоцитарний етап.* Далі вступають у роботу наші надійні захисники від кровотеч — тромбоцити. Ці маленькі клітини налипають на внутрішню поверхню судини в місці її ушкодження



Мал. 4.7. Етапи формування тромбу

(*мал. 4.7, а*) і формують тимчасовий згусток — так званий білий тромб, у якому переважають тромбоцити (*мал. 4.7, б*).

3. *Зсідання крові*. Тромбоцити й інші фактори крові в цьому місці запускають процес перетворення білка плазми фібриногену (розчинного у плазмі) на нерозчинний ***фібрин***, що утворює щільну сітку волокон. Еритроцити потрапляють у фібринову сітку й повністю блокують отвір — формується червоний (у ньому переважають еритроцити) або справжній ***тромб*** (*мал. 4.7, в*), що запобігає витіканню крові із судини. Кальцій є важливим регулятором усіх етапів зсідання крові, особливо він важливий для формування фібринової сітки. Вітамін К відіграє важливу роль у синтезі білків, які потрібні для зсідання крові, тому за його нестачі кровотечі припиняються значно повільніше.

При деяких захворюваннях тромб може утворитися в судині, потім відірватися й заблокувати кровоток (*мал. 4.7, г*). Це може стати причиною інсульту або інфаркту міокарда. Ризик утворення тромбів зростає і при застої крові у венах, а це трапляється у венах ніг при тривалому сидінні. Зараз ви маєте ще один науково обґрунтований аргумент на користь фізичної активності.

Якщо при деяких захворюваннях кількість тромбоцитів зменшується, то навіть коли трапляються незначні поранення, виникають сильні кровотечі. Можливо, ви чули про таке небезпечне спадкове захворювання, як гемофілія. Воно передається від матері до сина. У людини, хворої на ***гемофілію***, кров не зсідається.

Кровотечі та перша допомога під час них

Хто з нас хоча б раз не порізав палець? Кров починає витікати, але якщо поріз неглибокий, то витік крові припиняється сам собою. В інших випадках доводиться накладати пов'язку — звичайно вона має бути стерильною, а поранену поверхню треба обробити антисептиками для запобігання інфікуванню рани. Ці прості заходи діють лише у випадку невеликих поранень, але якщо ушкоджена артерія, то таке поранення потребує невідкладної медичної допомоги, тому що втрата крові відбувається дуже швидко й це може загрожувати життю людини.

Ви вже знаєте, що артеріальна кров має яскраво-червоний колір, а також в артеріях тиск крові значно вищий, ніж у венах. Таким чином, за інтенсивністю кровотоку й кольором крові можна досить легко визначити, яка судина ушкоджена — артерія чи вена. Витік крові з артерії не можна зупинити простою пов'язкою, для її зупинки потрібно накладати джгут. Але де його взяти? Джгут входить в аптечку автомобіліста, але можна скористатися й імпровізованими підручними засобами. На кінцівках джгут накладають вище поранення і якомога ближче до нього, на одяг або бинт, щоб не травмувати глибші тканини. Затягується джгут не надмірно, а так, щоб тільки припинити кровотечу. Під джгут завжди підкладають записку з відміткою про час, коли він був накладений — це дуже важлива інформація для лікаря.

Висновки

1. Зсідання крові має важливе захисне значення для організму.
2. Цей складний процес охоплює три етапи: скорочення судин у місці поранення, формування з тромбоцитів тимчасового згустку крові, формування щільного тромбу, який припиняє витік крові.
3. Тромби також можуть виникати під час захворювань і спричиняти тромбоз судин.
4. При артеріальній кровотечі потрібна невідкладна медична допомога, припинити її самостійно можна лише на деякий час шляхом накладання джгута.

Терміни і поняття

Зсідання крові, спазм судини, фібрин, тромб, гемофілія.

Контрольні запитання

1. У місці поранення виникає спазм судин. У чому полягає його біологічне значення?
2. Що таке тромб і як він формується?
3. Які ви знаєте захворювання, при яких порушується зсідання крові?
4. Які процеси відбуваються від поранення до припинення кровотечі? На які етапи їх поділяють?

Завдання

Дізнайтеся з Інтернету якомога більше про утворення синців і пов'язані з ними проблеми. Дайте відповіді на запитання: чому при забоях виникають синці? Що потрібно зробити, щоб синець був якомога менших розмірів? Як швидше їх позбутися? Коли синці можуть бути небезпечними?

§ 3. ГРУПИ КРОВІ ТА ПЕРЕЛИВАННЯ КРОВІ

Ви дізнаєтесь про чотири групи крові та значення резус-фактора, і що потрібно знати донорам крові.

◆ Як може кров однієї людини бути несумісною з кров'ю іншої людини? Що це за такий загадковий резус-фактор? Скільки є груп крові? Що означає сумісність крові?

Групи крові

Якщо трапилася значна втрата крові, то виникає нагальна потреба переливання її людині. Перед цим лікарі завжди перевіряють кров донора на її ***сумісність***. Чому це так важливо? Переливання крові раніше було дуже ризикованою процедурою — доки у 1900 р. австрійський лікар К. Ландштайнер не відкрив групи крові. Усі клітини в організмі за допомогою спеціальних поверхневих маркерів визначають себе як «свої» (*мал. 4.8*), й імунна система їх не чіпає. Якщо ж клітина, що потрапила в організм, не має правильного маркера, то імунна система починає продукувати антитіла для її знищення. Під час вивчення теми «Регуляція функцій організму» ви дізнаєтесь про деталі імунного захисту, а зараз лише скажемо, що ***антигени*** — це все те, що організм сприймає як «чуже», а тому вмикає свої захисні механізми. Особливо бурхливо реакція імунного захисту відбуватиметься, якщо в кров раптом потрапить велика кількість «чужих» клітин, як і траплялось раніше під час переливання несумісної крові.

Мал. 4.8. Білкові маркери на поверхні еритроцитів ідентифікують їх для лейкоцитів як «свої»

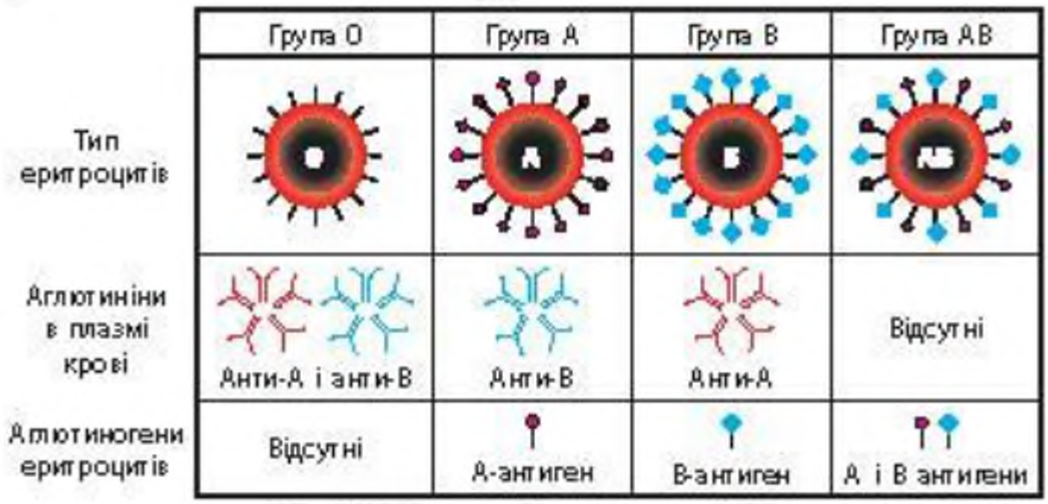
У відповідь на антигени організм для захисту утворює білки, що називають ***антитілами***. Зв'язування антитіл з антигенами приводить до злипання «чужих» еритроцитів. Такі грудки еритроцитів блокують маленькі

кровоносні судини, а під час руйнації «чужих» еритроцитів їх гемоглобін потрапляє в кров. Процес злипання еритроцитів називають *аглютинацією*, тому відповідно антигени, що її спричиняють, називаються *аглютиногенами*, а антитіла, що при цьому виробляються, — *аглютинінами*.

Які ж фактори визначають групу крові? Насамперед це аглютиногени А і В, брак або наявність яких (у різних комбінаціях) визначає чотири групи крові — це АВ0-система (система К. Ландштайнера). На поверхні еритроцитів кожен із цих аглютиногенів (А, В) може бути наявним або відсутнім, тобто можуть бути наявні обидва, лише один із них, або відсутні обидва (*мал. 4.9*). З цих можливих комбінацій виникає чотири АВ0 групи — тобто варіанти 0 (нуль), А, В, АВ. Раніше вони ще позначались римськими цифрами: 0 — I, А — II, В — III, АВ — IV.

Пізніше було визначено ще один важливий антиген — *резус-фактор*, який позначають Rh. Його спочатку знайшли у крові мавпи макака резус, звідки й назва, його ще називають антиген D. Після цього додалася система Rh^+ (антиген D на еритроцитах наявний) і Rh (антиген D на еритроцитах відсутній). Групу крові визначають у простому імунологічному тесті, який проілюстровано на мал. 4.10.

У три комірки, кожна з яких містить антитіла лише одного типу, до антигенів А, В або Rh^- додають кров невідомої групи. У тих комірках, де спостерігають злипання еритроцитів, очевидно є відповідні антигени. На мал. 4.10 це комірки, що містять антитіла до А і Rh, тому це кров групи A^+ (+ означає Rh^+). Зауважимо, що зазвичай антиген має потрапити в організм, аби для нього виникли антитіла, але антитіла до антигенів А і В (аглютиніни) завжди є в організмі, тому вже перше переливання несумісної крові має такі негативні наслідки.



Мал. 4.9. Групи крові за системою АВ0

Мал. 4.10. Визначення групи крові в імунологічному тесті

Є дві особливі групи крові. Перша з них — це *універсальні донори* (група 0⁻), а друга — це *універсальні реципієнти* (тобто отримувачі) (група AB⁺) (див. таблицю у рубриці «Завдання»). Під час переливання крові зазвичай лікарі намагаються знайти донора з такою самою групою крові. Але це не завжди можливо, а запаси донорської крові можуть бути недостатніми, якщо є багато поранених (великі автомобільні катастрофи, війни; військові носять спеціальні нашивки із зазначенням своєї групи крові). За таких обставин для лікарів особливо цінною є кров універсальних донорів. У критичних ситуаціях лікарі також можуть використати замінник крові — це сольовий розчин, який містить солі такі, як у плазмі крові, — фізіологічний (ізотонічний) розчин. У такий спосіб принаймні компенсують утрату рідини. Також часто у вену вводять розчин альбумінів для поповнення білків плазми.

Коли донори здають свою кров, то їхній організм відновлює втрати плазми за добу, але втрату клітин крові він може повністю компенсувати лише за 4–6 тижнів. Тому часто кров здавати не можна.

Висновки

1. Найбільш важливими факторами, які визначають групу крові людини, є три антигени: A, B і Rh (резус-фактор).
2. Відповідно є дві системи груп крові — система AB0 та система Rh.
3. Кожен із цих антигенів (A, B, Rh) може бути наявним або відсутнім, а всі їхні різні можливі комбінації визначають 8 груп крові.
4. Перед переливанням крові визначають її сумісність. Найкраще потерпілому переливати кров тієї самої групи. Але люди з групою крові AB⁺ можуть отримувати кров будь-якої групи, а кров групи 0⁻ можна переливати людям з усіма іншими групами.

Терміни і поняття

Групи крові, антигени, антитіла, резус-фактор, сумісність крові, сумісні і несумісні групи крові.

Контрольні запитання

1. Якими основними факторами визначають групу крові?
2. Що таке аглютиніни і аглютиногени?
3. Чому під час переливання крові так важливо враховувати групу крові як донора, так і реципієнта?
4. Що таке реакція аглютинації?

Завдання

1. Якщо поєднати обидві системи груп крові — AB0 і Rh, то загалом можливо розрізнити 8 груп крові. Наприклад, кров 0 групи може бути як резус-позитивною, так і резус-негативною. Продовжіть заповнювати таблицю із зазначенням усіх груп крові та проаналізуйте їх на сумісність:

Група крові	Антигени на еритроцитах	Наявні антитіла	Може бути донором крові для	Може отримувати кров від
0-	відсутні	анти-А, анти-В, анти-Rh	усіх груп крові	тільки 0- групи
AB+	A, B, Rh	відсутні	AB+ групи	усіх груп крові
0+				
AB-				
A+				
A-				
B+				
B-				

2. Визначте групи крові, якщо під час тестування за імунологічним тестом (*мал. 4.10*): а) аглютинація відбулася в комірках з антитілами усіх трьох видів; б) аглютинація не відбулася в жодній комірці.

§ 4. СИСТЕМА КРОВООБІГУ

Ви дізнаєтесь про всі великі і маленькі кровоносні судини свого тіла.

◆ Якщо через серце постійно прокачується така велика кількість крові, то для чого йому потрібне ще окреме кровопостачання через судини? Якщо в організмі загалом 5 л крові, то в якій частині кровоносної системи її найбільше, а в якій найменше?

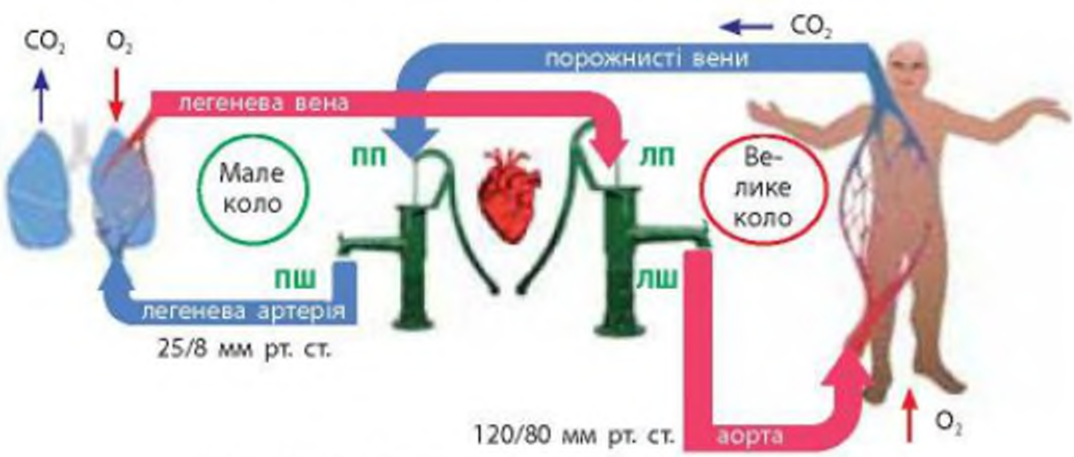
Загальна будова системи кровообігу людини

Рух крові спричинюється скороченнями серця, функцію якого часто порівнюють із насосом. Але насправді це не один, а навіть два насоси в одному органі! Серце розділене на дві ізольовані

суцільною перегородкою частини — ліву і праву, кожна з яких має дві камери. Отже, серце людини чотирикамерне. У кожній половині серця між його верхньою камерою — ***передсердям*** — і нижньою камерою — ***шлуночком*** — є *клапан*, який пропускає кров тільки в напрямку від передсердя до шлуночка. Під час скорочення серце із силою виштовхує кров в **артерії** — судини, якими *кров відтікає від серця* до всіх частин тіла (від грец. *arteria* — трубка). Під час розслаблення воно наповнюється кров'ю через *вени* — це кровоносні судини, якими *кров повертається до серця*. Таким чином, *серцево-судинна система* охоплює три складові: кров, серце і судини. Це замкнена система, у якій рух крові відбувається по колу: від серця артеріями до тканин і органів, і з них венами кров повертається до серця. Уся система кровообігу поділяється на два окремих кола — вона нагадує цифру «8», а не «0» (пригадайте малюнок 3.8 у темі «Дихання»).

Велике і мале коло кровообігу

Найбільша артерія тіла людини, що відходить від лівого шлуночка серця (*мал. 4.11*, *позначення ЛШ*), має назву *аорта* — це міцна еластична трубка діаметром приблизно 3 см. З аорти починається ***велике коло кровообігу***, що забезпечує кровопостачання всіх тканин і систем органів (тому його ще називають системним). Для цього аорта спочатку розгалужується на артерії дещо меншого діаметра, які ведуть до окремих органів і частин тіла. Артерії далі розгалужуються на судини все меншого діаметра, аж до найменших ***артеріол*** і вже відомих вам крихітних ***капілярів***. Із капілярів бідніша на кисень кров збирається у вени — спочатку це невеликого діаметра ***венули***, які зливаються у вени більшого діаметра, і нарешті в найбільші порожнисті вени — нижню (діаметром 15–17 мм) і верхню (діаметром 24 мм). Порожнисті

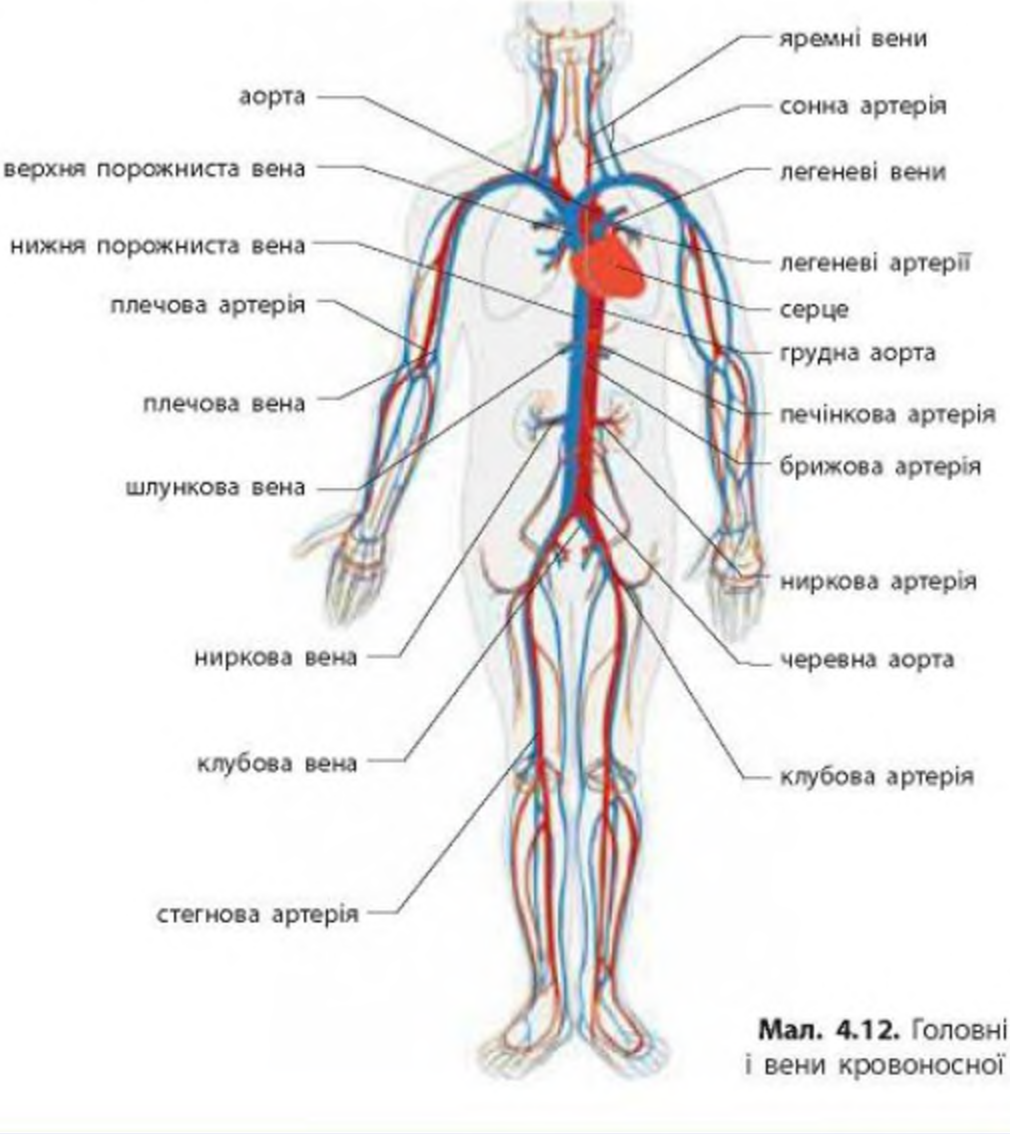


Мал. 4.11. Серцево-судинну систему поділяють на два кола кровообігу: велике і мале

вени впадають у праве передсердя (*позначення ПП*), де і завершується велике коло кровообігу.

Під час скорочення правого шлуночка (*позначення ПШ*) кров виштовхується в легеневі артерії — так починається ***мале коло кровообігу***. Далі кров потрапляє до легенів, де відбуваються процеси газообміну. Тому мале коло кровообігу ще називають легеневим колом. Насичена киснем кров повертається легеневими венами до лівого передсердя (*позначення ЛП*), де і завершується мале коло кровообігу.

Кількість крові, що протікає за одиницю часу великим і малим колом кровообігу, однакова, адже це замкнена система. Іншими словами, з кожним ударом серця саме та кількість насиченої киснем крові, що повернулася з малого кола, викидається у велике коло кровообігу. Але при цьому існують істотні відмінності як у величинах кров'яного тиску (*мал. 4.11*), так і в об'ємах крові в різних частинах системи кровообігу.

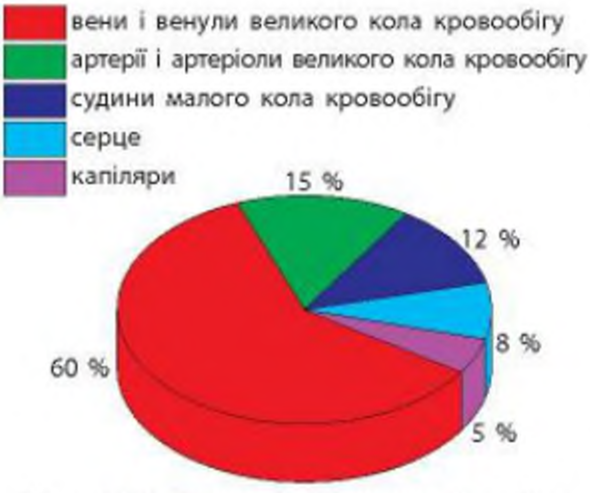


Мал. 4.12. Головні артерії і вени кровоносної системи

Деталі будови серцево-судинної системи і процесів кровообігу

На малюнку 4.12 показані головні артерії і вени організму людини. Від аорти відходять великі артерії, які постачають кров до кінцівок і різних органів. Вони охоплюють сонні артерії, які ведуть до мозку, плечові артерії, що постачають верхні кінцівки, а також артерії для кровопостачання окремих внутрішніх органів, таких як печінка (печінкова артерія), шлунково-кишковий тракт (брижові артерії) і нирки (ниркові артерії). У нижній частині черевна аорта розділяється на клубові артерії, які за рахунок своїх гілок постачають кров до органів тазу та нижніх кінцівок (через стегнові артерії). Великі вени повертають кров із тих самих кінцівок або органів, до яких її постачали великі артерії. Тому і назви цих великих вен відповідні (*мал. 4.12*). Вени від верхньої і нижньої частин тіла ведуть відповідно до верхньої і нижньої порожнистих вен.

Кількість крові в різних частинах кровоносної системи



Мал. 4.13. Відносні об'єми крові в різних частинах серцево-судинної системи

Як розподілена кров у різних частинах серцево-судинної системи? Серце містить приблизно 8 % крові, велике коло кровообігу — 77 %, а мале коло кровообігу — 15 %. Можливо вас це здивує, але найбільша частина крові в кожний момент перебуває у венах і венулах великого кола кровообігу (60 %), а найменша — у капілярах (5 %), де саме і відбувається найбільш важлива функція кровопостачання — обмін речовин між плазмою крові й тканинами (*мал. 4.13*). Вени таким чином виконують роль своєрідного «резервуара» крові.

Висновки

1. Серцево-судинна система охоплює три складові: кров, серце й судини.
2. Це замкнена система, у якій кров рухається по колу від серця артеріями до тканин і органів, і з них венами кров повертається до серця.
3. Система кровообігу складається з великого кола, яке забезпечує кровопостачання всіх тканин і систем органів, і малого кола, що забезпечує газообмін у легенях.
4. Найбільша частина крові міститься у венулах і венах, які виконують роль її резервуара.

Терміни і поняття

Передсердя, шлуночки серця, артерії, артеріоли, капіляри, венули, вени, велике і мале коло кровообігу.

Контрольні запитання

1. Які функції серцево-судинної системи в організмі?
2. У які судини серце виштовхує кров? А які судини несуть кров до серця?
3. У якому колі кровообігу кров насичується киснем, а в якому віддає кисень тканинам і органам?
4. Опишіть рух крові великим колом кровообігу.
5. Якими судинами кров рухається до голови і рук, а якими повертається від цих органів у напрямку серця (скористайтеся малюнком 4.12)?

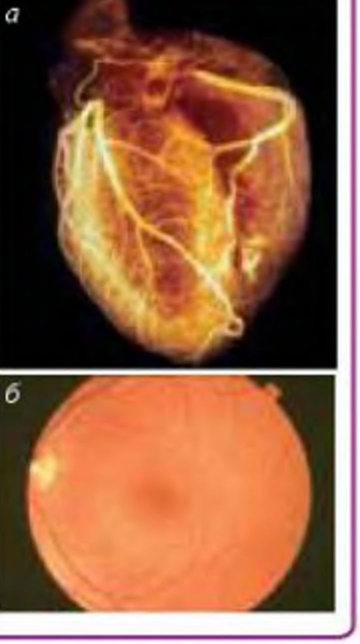
Завдання

1. Доведіть, що кровоносна система людини замкнена. Пригадайте, у яких тварин кровоносна система теж замкнена, а в яких — незамкнена.
2. Користуючись малюнком 4.12, розмістіть групи судин великого кола кровообігу: 1) артерії й артеріоли; 2) капіляри; 3) вени й венули в напрямку збільшення об'єму крові в них.
3. Розмістіть назви судин за їхніми типами відповідно до напрямку руху крові ними від серця: а) великі вени; б) малі вени; в) великі артерії; г) малі артерії; д) артеріоли; е) капіляри; є) венули.

Для допитливих

Як досліджують стан судин

Для перевірки стану судин у кровоток вводять спеціальний контрастний барвник, що дозволяє лікарю побачити судини на рентгенограмі, яка в цьому випадку називається ангіограмою. Часто таке дослідження проводять для коронарних судин, які постачають кров до серцевого м'яза (*мал. 4.14, а*), адже їх звуження — коронарна хвороба серця — може призвести до інфаркту міокарда. Для дослідження судин сітківки ока використовують офтальмоскоп, який дає змогу побачити їх через зіницю ока (*мал. 4.14, б*). Такі дослідження допомагають у діагностиці підвищеного артеріального тиску (гіпертонічна хвороба), а також ушкоджень судин у разі цукрового діабету. З цих малюнків ви змогли краще уявити, наскільки складно побудовані мережі судин.



Мал. 4.14. Судини серця (*а*) і сітківки ока (*б*)

§ 5. СЕРЦЕ: БУДОВА І ФУНКЦІЯ. РОБОТА СЕРЦЯ

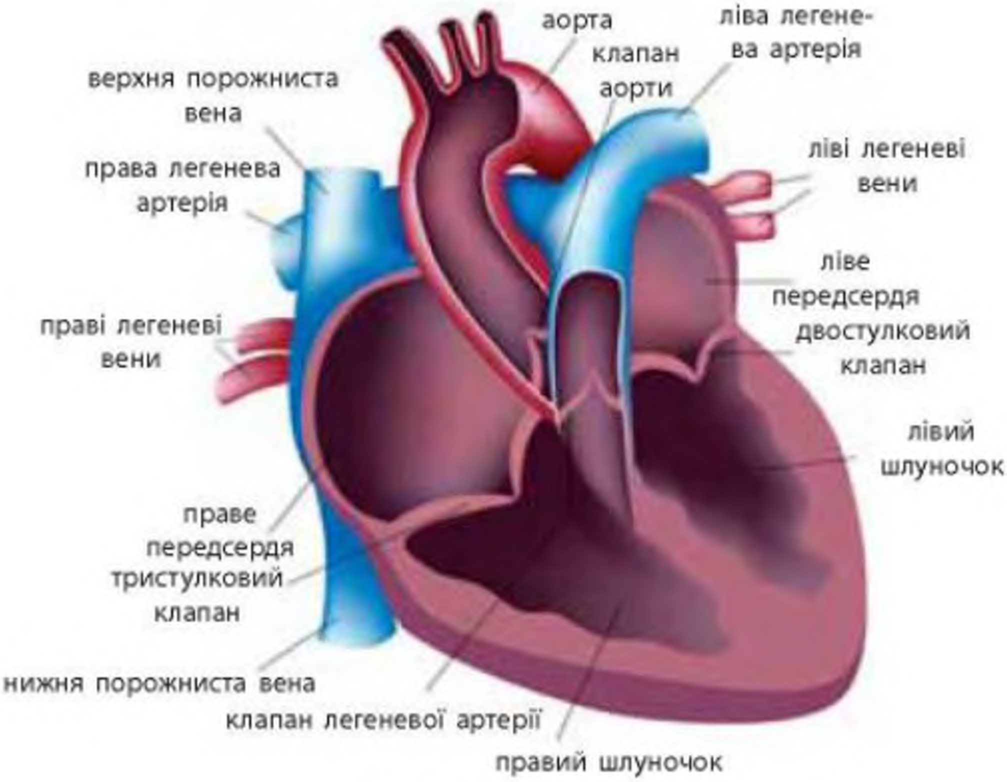
Ви дізнаєтесь про особливості будови серця; про те, як воно працює і що показує електрокардіограма.

◆ Я знаю, що серце працює, як насос, але як це відбувається? Чи можна «надірвати» серце? Що відображає електрокардіограма?

Будова серця

Зовні серце оточене ***перикардом*** (або серцевою сумкою), що утворений власне сполучною тканиною. Між серцем і перикардом міститься рідина, яка зменшує тертя під час скорочень. Перикард міцно утримує серце в центрі грудної порожнини. Основною тканиною серця є ***серцевий м'яз***, або ***міокард***. Внутрішній шар стінки серця — ***ендокард*** — вистилає камери серця й бере участь в утворенні клапанів серця. Внутрішня будова серця показана на малюнку 4.15.

М'язові волокна серця багато в чому подібні до скелетном'язових волокон, адже вони теж посмуговані. Міокард, на відміну від скелетних м'язів, працює автоматично, поза нашим свідомим контролем. Окремі клітини міокарда з'єднуються щілинними



Мал. 4.15. Будова серця

контактами, якими електричні імпульси легко передаються від клітини до клітини. Це узгоджує активність міокарда на значних відстанях, що важливо для скоординованих скорочень його камер. Клітини міокарда містять велику кількість мітохондрій, що важливо для їх безперервного забезпечення достатньою кількістю АТФ для скорочень, адже, на відміну від скелетних м'язів, серце не має права на втому! Зверху серце вкрите густою мережею судин (*мал. 4.14, а*), які постачають кисень і поживні речовини до міокарда і називаються *коронарними* (*вінцевими*) *судинами*.

Зв'язки між камерами серця і судинами наведені в таблиці 4.1.

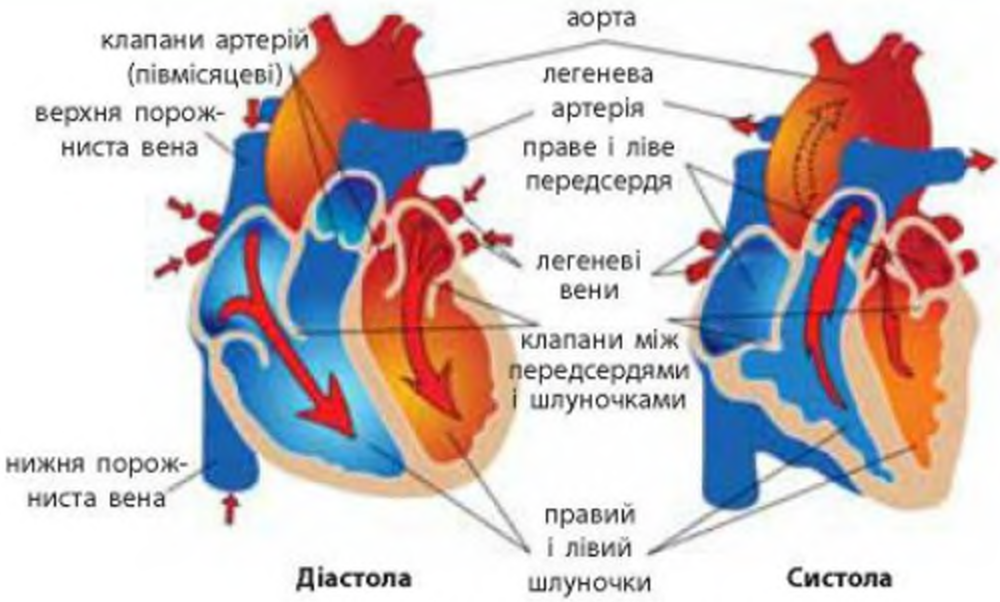
Таблиця 4.1. **Напрямки руху крові між камерами серця і великими судинами**

Камера	Вміст кисню в крові	Кров надходить із	Кров виштовхується в
Праве передсердя	низький	порожнистих вен (верхньої і нижньої)	правий шлуночок (через тристулковий клапан)
Правий шлуночок	низький	правого передсердя	легеневі артерії (через півмісяцевий клапан)
Ліве передсердя	високий	легеневих вен	лівий шлуночок (через двостулковий клапан)
Лівий шлуночок	високий	лівого передсердя	аорту (через півмісяцевий клапан)

М'язова стінка найтовща в лівому шлуночку, адже саме він виконує найбільшу роботу з кровопостачання організму людини. Тому і сила скорочень, і енергетичні витрати є найвищими саме в лівому шлуночку. Найтоншою м'язова стінка є у передсердях, адже їм потрібно лише виштовхнути кров у шлуночки.

Серцевий цикл

Для забезпечення максимальної ефективності насосної функції серця його передсердя і шлуночки скорочуються і розслаблюються скоординовано й у чітко визначеній послідовності, яка постійно повторюється. Послідовність подій, які відбуваються від початку одного скорочення серця і до початку наступного скорочення, називають ***серцевим циклом***. Серцевий цикл складається з періоду розслаблення, або ***діастоли*** (буквально означає розслаблення, розширення), під час якого серце наповнюється кров'ю, і періоду скорочення, який називається ***систолою*** (буквально означає скорочення, стискання) (*мал. 4.16*). Систола і діастола передсердь дещо передує систолі і діастолі у шлуночках, але з точки зору насосної функції серця найважливішим є скорочення шлуночків,



Мал. 4.16. Діастола і систола серця

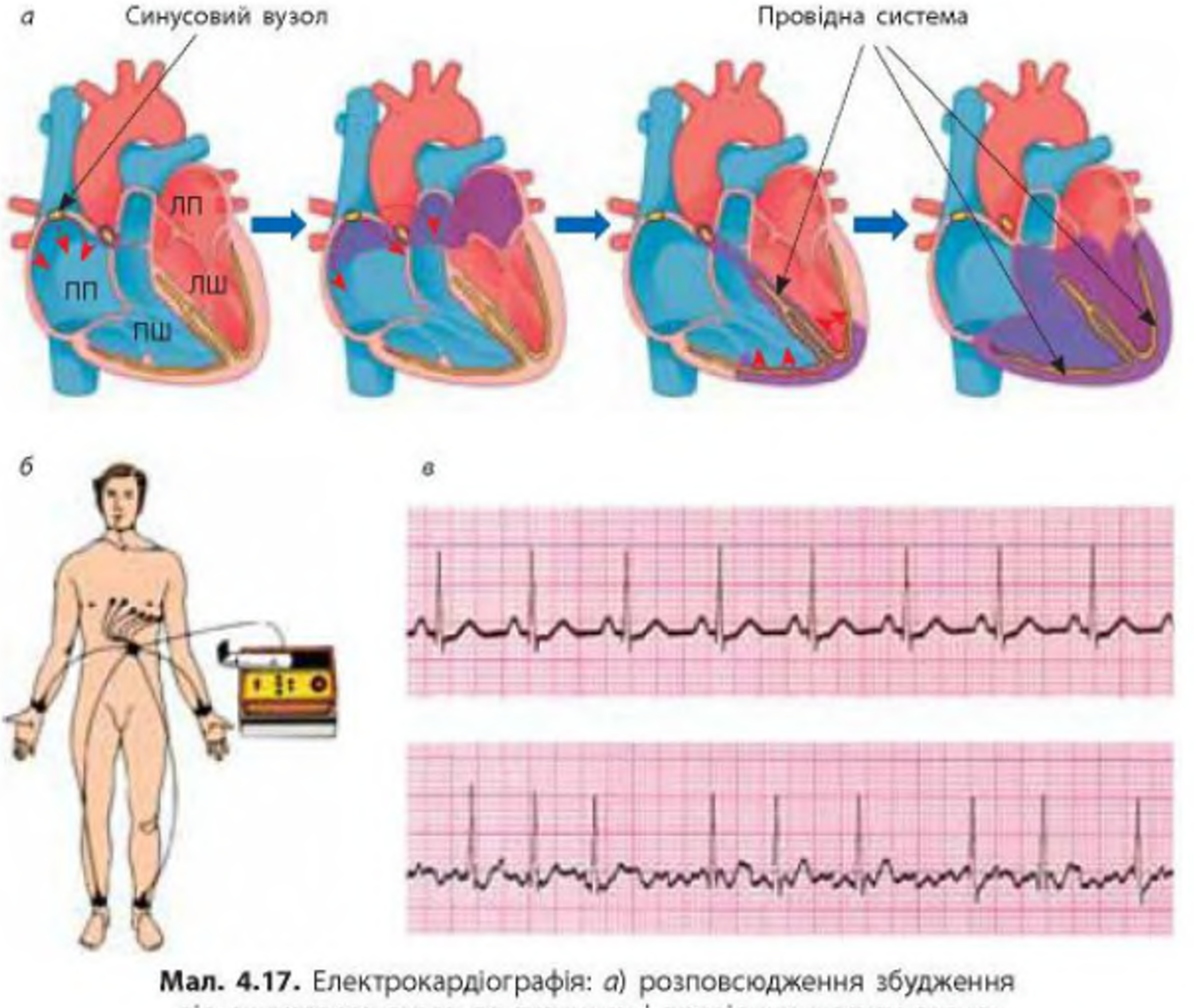
тому ми далі зосередимо увагу на систолі і діастолі саме шлуночків серця.

Під час скорочення об'єм шлуночків зменшується до 40–50 мл, тиск крові відповідно збільшується. Шлуночки виштовхують кров: лівий — в аорту, а правий — у легеневі артерії. У місцях виходу крові зі шлуночків в артерії є півмісяцеві (або кишенькові) клапани, які перешкоджають зворотному руху крові з аорти і легеневих артерій у камери серця, а зворотний рух крові зі шлуночків у передсердя неможливий завдяки закриванню стулок клапанів між передсердями і шлуночками серця (*мал. 4.16*). Під час діастоли тиск у шлуночках падає, їхній об'єм збільшується до 110–120 мл, і вони наповнюються кров'ю з передсердь. Таким чином, система клапанів серця забезпечує рух крові тільки в одному напрямку. Якщо виникають дефекти клапанів (уроджені або внаслідок захворювань), то насосна функція серця стає менш ефективною, адже частина крові повертається назад, і серцю доводиться виконувати зайву роботу.

Ви, напевно, звернули увагу на значну різницю в об'ємі шлуночків серця між діастолою і систолою. У стані спокою в середньому вона становить 115 мл – 45 мл = 70 мл. Цю величину називають ***ударний* (*систолічний*) *об'єм крові*** — той її об'єм, що виштовхується з лівого шлуночка в аорту. У стані спокою ***частота серцевих скорочень*** (*ЧСС*) становить приблизно 72 удари за хвилину. Якщо ми перемножимо ці величини, то отримаємо об'єм крові, який серце постачає організму за одну хвилину. Цей об'єм називають ***хвилинним об'ємом крові*** — це важли-

вий показник роботи серця. У стані спокою він становить приблизно 5 л, але під час фізичних навантажень може зростати в 3–4 рази.

Таким чином, здорове серце має значний резерв для збільшення кровопостачання. У людей із серцевою недостатністю (наприклад, у тих, хто переніс інфаркт міокарда) цей резерв значно менший. Їхнє серце здатне забезпечити потреби організму в стані спокою або невеликого навантаження (повільна ходьба тощо), але за найменшої спроби збільшити навантаження хворі починають страждати від задишки, відчувають біль у грудях, надмірну втому. Здоровим людям теж не слід надмірно навантажувати своє серце. Лікарі й лікарки рекомендують під час фізичних вправ не перевищувати певну «ідеальну» ЧСС, яка для молодих здорових людей становить приблизно 160 ударів за хвилину.



Мал. 4.17. Електрокардіографія: *а)* розповсюдження збудження від синусового вузла по тканинах і провідних шляхах серця; *б)* реєстрація електрокардіограми; *в)* такий вигляд має нормальний (угорі) і порушений (унизу) ритм серця на ЕКГ

Електрична активність серця. Електрокардіограма

Яким чином досягається така чітка, повторювана послідовність скорочень камер серця? Цей секрет криється в його електричній активності, яка є «диригентом» скорочень. У нервовій системі електричні імпульси поширюються аксонами нейронів, а в серці для їх проходження існують провідні шляхи, що формуються особливими м'язовими клітинами. Збудження регулярно виникає в особливій групі клітин, що розташовані у правому передсерді. Це так званий ***водій ритму серця* — *синусовий вузол*** (*мал. 4.17*). Серце здатне генерувати скорочення автономно, тобто за рахунок імпульсів, які виникають у ньому самому — це так звана ***автоматíя роботи серця***.

Збудження від водія ритму поширюється і спочатку охоплює обидва передсердя, потім досягає іншого вузла між передсердями і шлуночками, звідки воно швидко розповсюджується провідними шляхами шлуночків — униз і в боки. Цей процес поширення збудження серця показано фіолетовим кольором на малюнку 4.17, *а*.

Електричну активність серця можна зареєструвати за допомогою електрокардіографа. Як накладаються електроди і який вигляд має ***електрокардіограма (ЕКГ)*** в нормі і при порушеннях серцевого ритму, проілюстровано на малюнку 4.17, *б, в*. ЕКГ має важливе значення для діагностики захворювань серцево-судинної системи, особливо для таких порушень, як аритмії серця (збій ритму серця), інфаркт міокарда.

Висновки

1. Транспортна функція крові забезпечується її постійним рухом завдяки скороченням серця.
2. Серце розділене на дві ізольовані суцільною перегородкою частини — ліву і праву, кожна з яких має дві камери: передсердя і шлуночок. Права частина серця містить бідну на кисень венозну кров, що повертається до серця з великого кола кровообігу, а ліва — багату на кисень кров, яка повертається з легенів і виштовхується у велике коло кровообігу.
3. Рух крові під час скорочення серця можливий тільки в одному напрямку — від вен, через передсердя і шлуночки, до артерій, що забезпечує система клапанів.
4. Серцевий цикл складається з періоду розслаблення (діастола), під час якого серце наповнюється кров'ю, і періоду скорочення (систола), під час якого кров виштовхується в артерії.
5. Серцевому м'язу властива автоматія, яку забезпечує, передусім, робота синусового вузла (водія ритму).

Терміни і поняття

Серцевий м'яз, міокард, ендокард, серцевий цикл, систола, діастола, ударний (систолічний) об'єм крові, частота серцевих скорочень (ЧСС), хвилинний об'єм крові, водій ритму (синусовий вузол), автоматія роботи серця, електрокардіограма.

Контрольні запитання

1. Як називають найтовщий шар стінки серця? Якою тканиною він утворений? Як це пов'язано з функцією серця?
2. Чому в нормі кров тече серцем тільки в одному напрямку і не повертається назад?
3. Яка камера серця має найтовщу стінку і чому?
4. У яких камерах серця кров має високий рівень кисню, а в яких — низький?
5. Яка роль серцевої перегородки?
6. Що називають автоматією серця і які структури її забезпечують?
7. Чому серце працює все життя і не втомлюється?

Завдання

1. Проаналізуйте, закритими чи відкритими є стулкові клапани серця під час систоли передсердь? Систоли шлуночків? Що відбувається у цей самий час із півмісяцевими (кишеньковими) клапанами?
2. Визначте тривалість серцевого циклу (у мілісекундах), якщо частота серцевих скорочень становить: а) 60 ударів за хвилину; б) 75 ударів за хвилину; в) 100 ударів за хвилину.
3. Визначте хвилинний об'єм крові (ХОК) у людини, якщо ударний (систолічний) об'єм крові становить 80 мл, а ЧСС — 80 ударів за хвилину.

§ 6. БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ КРОВОНОСНИХ СУДИН. РУХ КРОВІ

Ви дізнаєтесь про спільні і відмінні риси будови артерій, вен і капілярів, як їхня будова пов'язана з функціями.

◆ Для чого судинам потрібні власні м'язи, адже серце забезпечує рух крові судинами? Чому артерії мають товсті стінки, а вени — тонкі? Що таке артеріальний тиск і навіщо його вимірюють? Де краще визначати свій пульс?

Будова та функції судин

Різні судини мають певні спільні риси будови, але між ними існують й істотні відмінності залежно від функцій. Стінки артерій

Мал. 4.18. Будова різних судин

і вен складаються з трьох шарів, або ***оболонок*: *зовнішньої*, *середньої*** і ***внутрішньої*** (*мал. 4.18*).

Зовнішню оболонку судин формує сполучна тканина. У зовнішньому шарі також містяться еластичні волокна, яких найбільше в аорті, що робить її стінку особливо міцною й еластичною.

Середня оболонка судин складається з шару клітин непосмугованої (гладенької) м'язової тканини. М'язовий шар найкраще розвинений в артеріях, тоді як у венах м'язових клітин значно менше, а в капілярах їх зовсім немає (*мал. 4.18*). Скорочення або розслаблення шару гладеньких м'язів відповідно зменшує або збільшує просвіт судини. Швидкість кровотоку через судину залежить від її діаметру, адже що менший діаметр судини, то більший опір протіканню рідини вона чинить. Таким чином, шляхом скорочення або розслаблення м'язів судин регулюється кровопостачання тканин та органів. Усі судини, а також камери серця, зсередини вистелені суцільним шаром плоского епітелію, який дістав назву ***ендотелій***.

Вени, крім значно тоншої, порівняно з артеріями, стінки, мають також систему клапанів, які забезпечують кровоток в напрямку від венул кінцівок і органів до серця (*мал. 4.18*).

Рух крові в різних частинах кровоносної системи

Рух крові в судинах відповідає відомим із фізики законам руху рідини трубками. По-перше, рушійною силою є різниця тиску, тобто кров тече від ділянок, де її тиск вищий, до ділянок, де її тиск нижчий. По-друге, що вищий тиск і що більший діаметр судини, то швидше й легше нею рухається кров.

Щоб «розігнати» кров по всьому тілу, лівий шлуночок виштовхує її в аорту під високим тиском. У момент його скорочення тиск крові в аорті досягає 120–130 мм рт. ст. (міліметрів ртутного стовпчика), і навіть в момент розслаблення він залишається досить високим — 80 мм рт. ст. Саме для того, щоб аорта могла витримати такий високий тиск, її стінки мусять бути товстими й еластичними. Швидкість кровотоку в аорті в середньому становить 33 см/с. Порівняємо будову й функції різних судин за допомогою таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. **Особливості будови і функції судин різних типів**

Артерії і артеріоли	Капіляри	Вени і венули
Забезпечують рух крові від серця до тканин	Забезпечують обмін речовинами між кров'ю і тканинами	Забезпечують рух крові від тканин до серця
Високий тиск крові	Невеликий тиск крові	Низький тиск крові
Товсті стінки для протидії високому тиску крові. Розвинена м'язова оболонка для регуляції тонусу судин	Один шар плоских клітин ендотелію з порами між ними, що сприяє дифузії	Тонкі стінки, що містять шар сполучної тканини, тонкий шар м'язів і ендотелій, оскільки тиск крові низький
Невеликий просвіт, розмір якого регулює швидкість кровопостачання органів	Мінімальний просвіт трохи більший за розмір еритроцитів для зменшення відстані дифузії кисню	Великий просвіт для зменшення опору руху крові під низьким тиском
Клапанів немає	Клапанів немає	Велика кількість клапанів

Що далі від серця, то меншим стає тиск крові в судинах. У кінці артеріол і на початку капілярів він знижується до 35 мм рт. ст., а в кінці капілярів — до 8 мм рт. ст. Тому рух крові в капілярах дуже повільний, лише 0,3 мм/с, що дає достатньо часу для дифузії різних речовин через їх стінки.

Для руху крові малим колом кровообігу такий високий тиск не потрібен, адже цей шлях коротший і пролягає лише через один орган — легені. Під час скорочення правого шлуночка тиск в легеневій артерії не перевищує 25 мм рт. ст., а під час розслаблення — 8 мм рт. ст. (*мал. 4.11*).

Мал. 4.19. Клапани вен забезпечують односторонній рух крові

У венах тиск крові настільки знижується, що тут уже не потрібні товсті стінки судини, щоб протидіяти тиску крові. Але натомість виникає потреба в додаткових механізмах для руху крові. Дихальні рухи, скорочення м'язів під час фізичної активності стискує стінки вен, а система клапанів сприяє відтіканню крові в одному напрямку — до серця (*мал. 4.19*).

Пульс і артеріальний тиск

Два параметри функції кровоносної системи, які легко заміряти і які широко використовують на практиці, — це частота серцевих скорочень, що визначають за пульсом, і артеріальний тиск. Пульс — це ритмічні коливання стінок артерій, що зумовлені виштовхуванням крові з лівого шлуночка.

Мал. 4.20. Вимірювання частоти серцевих скорочень (*а*) і тиску крові (*б*)

Еластична стінка артерій під час систоли розтягується, що збільшує її діаметр. Це можна відчути, якщо прикласти пальці в місцях, де артерії підходять близько до шкіри. Під час діастоли тиск крові зменшується, і діаметр артерії повертається до вихідного стану. На тілі людини є кілька точок, де можна легко відчути пульс, але найчастіше використовують місце на зап'ястку, де проходить променева артерія (*мал. 4.20, а*), або на шиї у місці, де проходить сонна артерія.

Артеріальний тиск — це сила, з якою кров тисне на стінку артерії. Вимірюють тиск як під час систоли, так і під час діастоли, адже обидва показники є важливими для оцінки функції серцево-судинної системи. Такі вимірювання проводять за допомогою приладу тонометра (*мал. 4.20, б*). У нормі ***систолічний тиск*** становить приблизно 120 мм рт. ст. (діапазон 100–139 мм рт. ст.), а ***діастолічний*** — 80 мм рт. ст. (діапазон 60–89 мм рт. ст.). Записують це так — 120/80 мм рт. ст.

Висновки

1. Стінки артерій і вен складаються з трьох шарів, або оболонок: зовнішньої (сполучнотканинної), середньої (м'язової) і внутрішньої (ендотеліальної).
2. Стінка капілярів утворена одним шаром ендотеліальних клітин, що забезпечує дифузію речовин.
3. Головною причиною руху крові є різниця тисків на початку і в кінці кола кровообігу.
4. Частота серцевих скорочень та артеріальний тиск — це два важливих параметри функції кровоносної системи, які широко використовують на практиці.

Терміни і поняття

Оболонки судин (зовнішня, середня і внутрішня), ендотелій, артеріальний тиск, систолічний тиск, діастолічний тиск, пульс.

Контрольні запитання

1. Якими шарами утворені стінки артерій і вен?
2. Чому клапани є у венах і відсутні в судинах інших типів?
3. У яких судинах найнижча швидкість руху крові?
4. У яких судинах тиск крові найвищий, а в яких — найнижчий?
5. Порівняйте показники тиску крові в аорті та в легеневій артерії. Чим зумовлені відмінності цих показників?
6. На яких артеріях визначають пульс?
7. Чому пульс не визначають на венах?
8. Які нормальні показники артеріального тиску у спокої в здорових дорослих людей?

Завдання

1. Доведіть зв'язок будови капілярів з їхніми функціями. Для аргументації доведення передусім визначте функції цих судин, а далі поясніть, які особливості їхньої будови (товщина стінки, її проникність для речовин) та функціонування (наприклад, швидкість руху крові, тиск).

2. Вважають, що артерії відіграють важливу роль у біологічному розподілі крові в організмі — спрямовують більше крові до тих органів, які найактивніші в цей час (шлунок і кишечник після прийому їжі, мозок під час виконання контрольної роботи). Які особливості будови і функціонування артерій забезпечують виконання такої функції?

3. Розподіліть судини та камери серця на групи за двома критеріями:

• за насиченістю крові киснем: а) ті, що містять кров із високим рівнем кисню; б) ті, що містять кров із низьким рівнем кисню;

• залежно від кіл кровообігу: в) ті, що належать великому колу кровообігу; г) ті, що належать малому колу.

Судини і камери серця:

Легенева артерія	Лівий шлуночок	Аорта	Сонна артерія
Легенева вена	Правий шлуночок	Плечова вена	Праве передсердя

Для допитливих

Чи можна «тренувати» серце?

Хвилинний об'єм крові, як ви вже знаєте, під час фізичного навантаження може зростати в 3–4 рази. Як саме це відбувається? Пригадаємо, що хвилинний об'єм крові (ХОК) — це добуток ударного об'єму крові (УОК) і частоти серцевих скорочень (ЧСС):

$$\text{ХОК} = \text{УОК} \cdot \text{ЧСС}$$

Під час фізичного навантаження потреба скелетних м'язів в енергії, а отже, і в кисні, значно зростає. ХОК збільшується пропорційно інтенсивності навантаження. У спортсменів УОК вище, ніж у нетренованих людей, тому, відповідно до формули, ЧСС у них нижче — як у стані спокою, так і під час фізичного навантаження подібної інтенсивності.

Серце — це м'яз, який стає сильнішим і здоровішим, якщо людина веде активний спосіб життя. Навіть коротка прогулянка швидкою ходою приносить користь організму. Особливо корисними для серця є аеробні вправи («кардіо») — інтенсивна ходьба, нешвидкий біг, плавання, їзда на велосипеді тощо. Але серце не варто і надмірно навантажувати. Для кожної вікової категорії людей лікарі й лікарки рекомендують дотримуватися оптимальної ЧСС під час фізичних вправ.

§ 7. СЕРЦЕВО-СУДИННІ ЗАХВОРЮВАННЯ ТА ЇХ ПРОФІЛАКТИКА

Ви дізнаєтесь про найпоширеніші захворювання серцево-судинної системи та як можна знизити їх ризики.

◆ Якщо кров рухається за рахунок тиску, чому високий тиск крові — це захворювання? Що таке холестерин і чому про нього так багато говорять? Що таке серцевий напад?

Серцево-судинні захворювання — це основна причина смерті людей

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), в усьому світі від серцево-судинних захворювань помирає більше людей, ніж від будь-яких інших хвороб. Це приблизно 17,5 млн людей щороку, або 31 % від усіх померлих. Водночас ВООЗ наголошує, що більшості серцево-судинних захворювань можна запобігти шляхом уникнення факторів ризику їх розвитку — насамперед, це куріння, неправильне харчування й ожиріння, сидячий спосіб життя і зловживання алкоголем. Тепер ми можемо уявити людину, яка більшу частину дня проводить біля комп'ютера, споживає «швидку» їжу, має надмірну вагу, а ще до того ж курить і зловживає алкогольними напоями. Така людина перебуває на шляху до проблем із серцево-судинною системою.

Найпоширенішими серцево-судинними хворобами є ішемічна хвороба серця, гіпертонія (підвищений артеріальний тиск), ревматичні хвороби серця, серцева недостатність, а також уроджені вади серця.

Інфаркт міокарда та інсульт

Найбільш небезпечними для життя людини є ***інфаркт міокарда*** — змертвіння ділянки міокарда внаслідок припинення його кровопостачання — та інсульт — гостре порушення мозкового кровообігу. Їх причиною найчастіше є блокування су-

Мал. 4.21. Стадії блокування коронарних артерій серця при атеросклерозі — помірне (*а*), середнє (*б*) і майже повне блокування судини (*в*)

дин, які постачають кров'ю відповідно серце і мозок. Типовою причиною блокування кровопостачання є формування на внутрішній поверхні судин наростів жовтої жироподібної речовини, які називають атеросклеротичними бляшками. У будь-який момент бляшка може розірватись та перекрити просвіт артерії (*мал. 4.21*), внаслідок чого кровопостачання припиняється і виникає інфаркт чи інсульт.

Формування бляшок свідчить про наявність атеросклерозу. Саме ***атеросклероз*** (від грец. *athera* — кашиця та *skleros* — затвердіння) займає перше місце серед причин смерті людей. Атеросклероз — це хронічне захворювання, яке розвивається протягом багатьох років. Розвитку атеросклерозу сприяє підвищений рівень холестерину в крові. ***Холестерин*** — це жироподібна речовина, що міститься в жирних продуктах тваринного походження. Рівень холестерину визначають за спеціальним аналізом крові.

Стенокардія зазвичай є початковим проявом атеросклерозу коронарних судин. Біль за грудиною при стенокардії — це сигнал про те, що серце не отримує достатнього кровопостачання.

Гіпертонічна хвороба (підвищений артеріальний тиск)

Гіпертонічна хвороба є найбільш поширеним серцево-судинним захворюванням, причини якого в більшості випадків залишаються невідомими. Це захворювання часто називають «мовчазним убивцею», адже підвищений артеріальний тиск може себе роками ніяк не проявляти, але при цьому зумовлювати ризик інфаркту, інсульту або порушення функції нирок. Ризик гіпертонії збільшується у людей з ожирінням і в хворих на цукровий діабет. Гіпертонічна хвороба — це стійке підвищення артеріального тиску понад 140/90 мм рт. ст. Із віком ризик розвитку гіпертонічної хвороби зростає. Гіпертонія часто протікає без симптомів, тому важливо періодично перевіряти свій артеріальний тиск. Для боротьби з гіпертонією існує багато ефективних ліків, але вони діють по-різному, тому що й різних причин гіпертонії дуже багато.

Отож тільки лікар після ретельного обстеження хворого може дібрати найкращий засіб для контролю артеріального тиску.

Профілактика серцево-судинних захворювань

Зараз у всьому світі широко проводять дослідження причин виникнення серцево-судинних захворювань. Американська асоціація серця («American Heart Association») розробила комплекс рекомендацій, які називають сім простих правил життя.

1. Уникайте куріння і використання тютюнових виробів.
2. Кожного дня будьте фізично активними.
3. Споживайте корисну для серця їжу.
4. Підтримуйте нормальну масу тіла.
5. Підтримуйте артеріальний тиск на належному рівні.
6. Підтримуйте рівень холестерину на належному рівні.
7. Підтримуйте рівень глюкози в крові на належному рівні.

Дослідження також показують, що позитивний ефект виконання цих правил для здоров'я серцево-судинної системи є накопичувальним або взаємно підсилювальним. Простіше кажучи, що більшої кількості із цих правил ви дотримуєтесь, то краще для вашого здоров'я.

Висновки

1. Серцево-судинні захворювання дуже поширені, і вони є основною причиною смерті людей.
2. Серцево-судинні захворювання пов'язані з порушенням як функції серця, так і кровоносних судин.
3. Особливу загрозу здоров'ю і життю людини несуть інфаркти й інсульти, ризик яких підвищується у разі захворювань на атеросклероз і гіпертонію.
4. Існують прості правила, постійне дотримання яких значно знижує ризик серцево-судинних захворювань.

Терміни і поняття

Інфаркт міокарда, інсульт, атеросклероз, холестерин, стенокардія, гіпертонічна хвороба.

Контрольні запитання

1. Які захворювання серця і судин є найбільш поширеними?
2. Які показники артеріального тиску є ознаками гіпертонії?
3. Які захворювання розвиваються внаслідок ушкодження кровотоку в коронарних судинах?
4. Чим небезпечний атеросклероз? Як запобігти цій хворобі?
5. Яка роль здорового харчування й фізичного навантаження у запобіганні серцево-судинним захворюванням?

Завдання

Потурбуйся про здоров'я рідних людей. Поцікався, які показники артеріального тиску й пульсу в батьків, бабусь і дідусів. Чи контролюють вони рівень холестерину, артеріальний тиск, чи приймають ліки для його зниження?

Підбиваємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що кровоносна система людини насамперед призначена для транспорту речовин, але вона має багато інших важливих функцій.
2. Ми довідалися про групи крові та чому між ними може бути конфлікт.
3. Ми дізналися, як працює система кровообігу людини.
4. Ми усвідомили, що серцево-судинні захворювання пов'язані з порушенням як функції серця, так і кровоносних судин, і що вони є основною причиною смерті людей.
5. Водночас ми усвідомили і запам'ятали сім простих правил, постійне дотримання яких значно знижує ризик серцево-судинних захворювань.

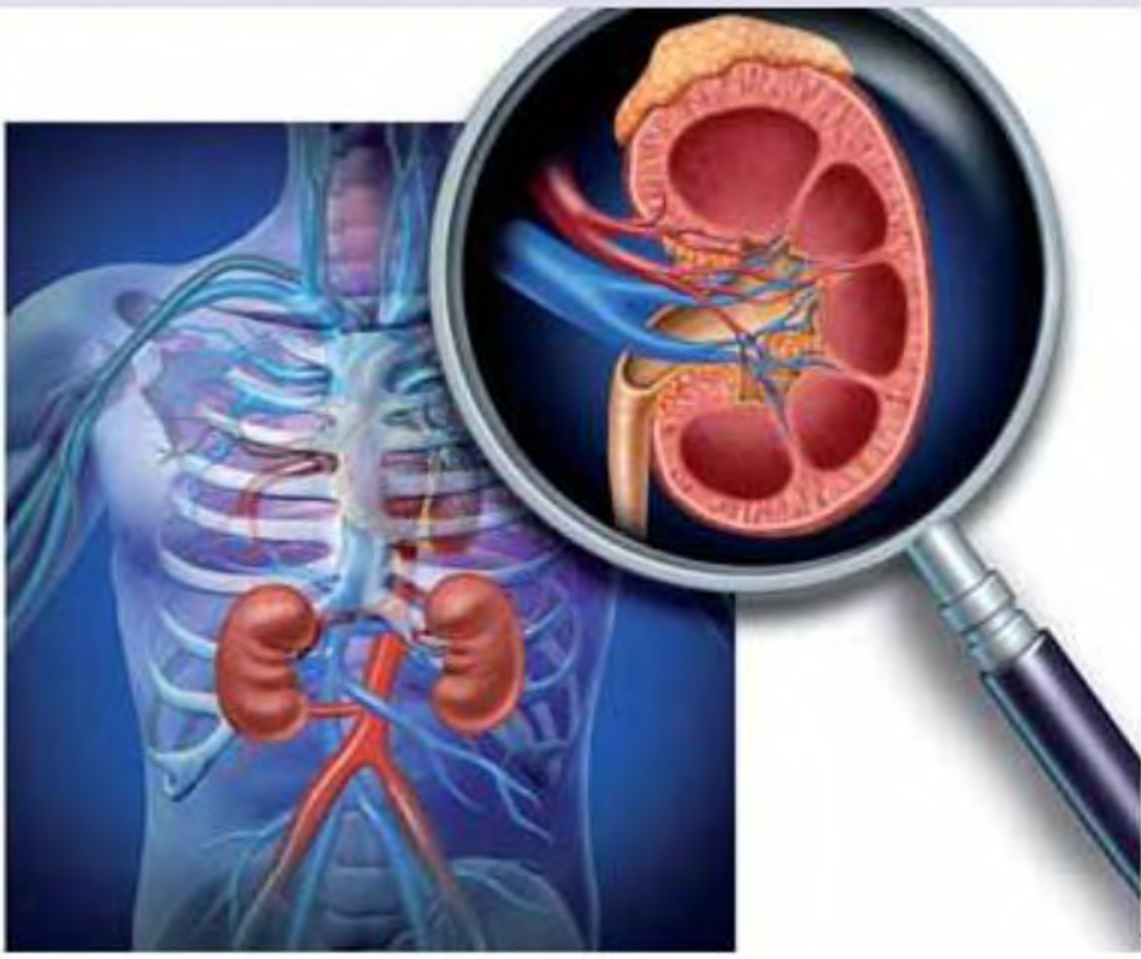
Знаю — вмію

- Я знаю, що кров — це тканина внутрішнього середовища, основними клітинами якої є еритроцити, лейкоцити й тромбоцити, вмію розпізнавати клітини крові різних типів на малюнках.
- Я знаю склад плазми крові і розумію важливу роль крові в регуляції внутрішнього середовища організму.
- Я знаю, як відбувається зсідання крові, і розумію його захисне значення.
- Я знаю, що таке лімфа і які функції виконує лімфатична система.
- Я знаю, що серцево-судинна система складається із серця, кровоносних судин і крові.
- Я вмію на відповідній діаграмі показати великі артерії і вени людини.
- Я знаю, як побудовані кровоносні судини і як підтримується їхній тонус.
- Я вмію довести зв'язок будови судин різних видів з їхніми функціями.
- Я знаю, як серце виконує свою насосну функцію, і що серце — це не один, а два окремих насоси в одному органі.
- Я знаю, що «диригентом» скорочень серця є його електрична активність, і який вигляд має її реєстрація на електрокардіограмі.
- Я вмію відрізняти поранення артерії від поранення вени. Я розумію небезпеку артеріальної кровотечі та знаю, як її можна тимчасово зупинити.
- Я знаю особливості будови серцевого м'яза та про автоматію його роботи.
- Я знаю причини виникнення найбільш поширених захворювань серцево-судинної системи і про те, як цього не допустити.
- Я знаю, що серце можна тренувати, але його треба оберігати від надмірних навантажень.

ВИДІЛЕННЯ ТА СЕЧОВИДІЛЬНА СИСТЕМА. ШКІРА. ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- яким чином ваш організм видаляє продукти обміну речовин і одночасно підтримує нормальний водно-сольовий баланс;
- про захворювання системи сечовиділення;
- про будову та значення шкіри;
- про механізми терморегуляції;
- про захворювання шкіри та запобігання їм



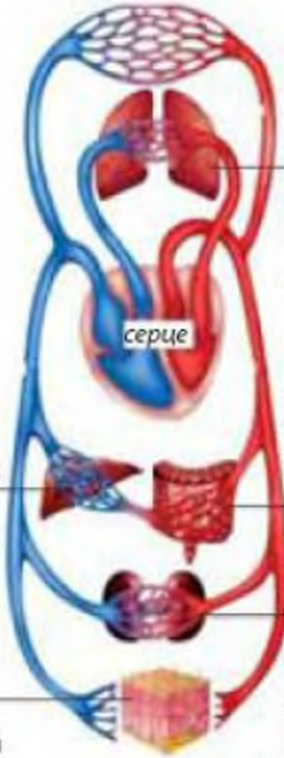
§ 1. ВИДІЛЕННЯ І ОБМІН РЕЧОВИН. БУДОВА СЕЧОВИДІЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтесь, що таке виділення та які органи забезпечують виділення продуктів обміну з організму.

◆ Якого розміру нирки людини? Чи може луснути сечовий міхур?

Виділення — важливий етап обміну речовин

У клітинах нашого організму постійно відбуваються процеси обміну речовин. Як вам уже відомо з попередньої теми, кров транспортує до клітин кисень, поживні речовини, що всмоктуються в травному каналі, та гормони. А клітини виділяють у кров продукти своєї життєдіяльності. Наприклад, у результаті розщеплення білків утворюється сечовина, солі сульфатної кислоти, вода й вуглекислий газ. Жири й вуглеводи, які переважно не містять Нітрогену, розщеплюються до води й вуглекислого газу. Клітини викидають усі ці речовини назовні, як непотрібне для них «сміття». Кров, що виконує функцію транспортування необхідних клітинам речовин, також є приймальником клітинного «сміття». Уявіть собі сміттєпровід у багатоповерховому будинку: кожна господиня щодня скидає туди відходи. Якщо робітники не будуть регулярно очищувати сміттєзбірник, настане час, коли сміттєпровід неможливо буде використовувати. Так і кров повинна постійно очищуватись, тому що накопичення продуктів обміну речовин є небезпечним для функціонування нашого організму й може навіть призвести до смертельних наслідків при критичному зрушенні гомеостазу.



Мал 5.1. Кровообіг і виділення в організмі людини

Процес виведення з організму продуктів обміну речовин і надлишку води називають **виділенням.**

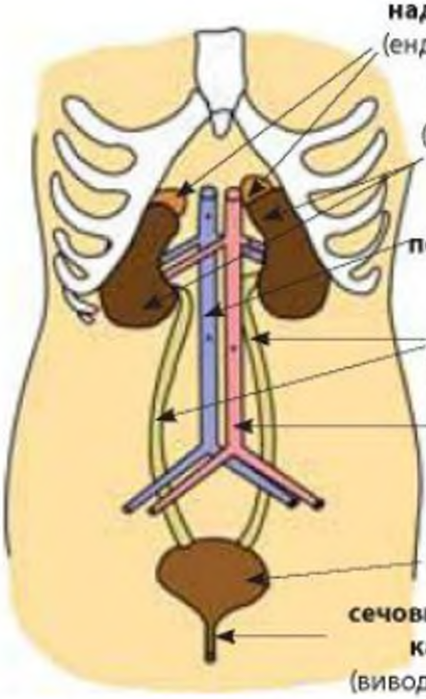
Процес виділення забезпечують різні системи органів (*мал. 5.1*):

— *дихальна система* бере участь у виділенні вуглекислого газу, а також незначної кількості води у вигляді пари разом із видихуваним повітрям;

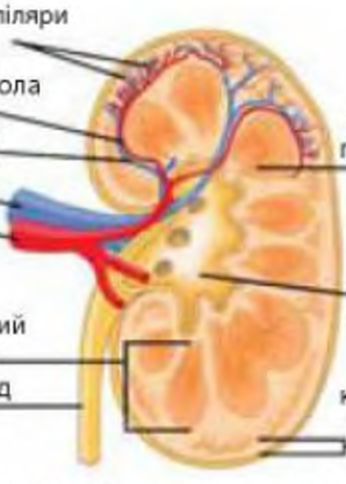
— *травна система* у вигляді калових мас видаляє неперетравлені рештки; нейтралізує токсичні речовини в печінці;

— *шкіра* бере участь у видаленні води та деяких солей під час потовиділення;

— *сечовидільна система* відіграє основну роль у процесах виділення організмом: вона очищує кров від продуктів обміну речовин (передусім сечовини); підтримує водно-сольовий баланс і сталий рівень кислотності у внутрішньому середовищі.



Мал 5.2. Будова сечовидільної системи людини



Мал 5.3. Будова нирки людини

Будова сечовидільної системи

Сечовидільна система людини складається з *нирок*, *сечоводів*, *сечового міхура* та *сечовидільного каналу* (*мал. 5.2*).

Головним органом сечовидільної системи є нирки.

Нирка — це парний орган бобоподібної форми, розміром з кулак. Нирки розташовані в задній частині черевної порожнини по обидва боки від хребта, відразу за діафрагмою, де вони частково захищені нижніми ребрами. Права нирка розташована трохи нижче від лівої.

Якщо подивитись на нирку в поздовжньому розрізі (*мал. 5.3*), то можна розрізнити три частини. Темніший, зовнішній — *корковий шар*; до нього прилягає *мозковий шар*, який складається із 6–10 конусоподібних пірамідок. Мозковий шар переходить у порожнину, яка дістала назву *ниркова миска* і є порожнистою камерою, де збирається сеча.

Від кожної нирки відходить сечовід. ***Сечовід*** — це м'язова трубка, якою сеча із ниркової миски транспортується до сечового міхура.

Сечовий міхур — це порожнистий мішкоподібний орган, де накопичується сеча доти, доки вона не виводиться назовні через ***сечовидільний канал***. Стінка сечового міхура складається із трьох шарів. Внутрішній шар — слизова оболонка, непроникна для сечі. Цей шар має складки, що дає змогу міхуру розтягуватись, коли він заповниться. Середній шар — гладком'язова тканина, яка забезпечує скорочення міхура. Зовні міхур укритий власне сполучною тканиною. Міхур здатен утримувати до 1 л сечі. Постійне розтягнення сечового міхура, коли людина свідомо затримує сечовипускання, може рано чи пізно призвести до витончення його стінок. За таких умов переповнений сечовий міхур може просто розірватися, особливо внаслідок додаткових механічних впливів (сильний струс у транспорті, удар у пах, падіння).

Висновки

1. Процес виведення з організму продуктів обміну речовин і надлишку води називають виділенням.
2. Окрім сечовидільної системи, функцію виділення виконують травна й дихальна системи та шкіра.
3. Сечовидільна система складається з парних органів: нирок та сечоводів, і непарних: сечового міхура та сечовидільного каналу.

Терміни і поняття

Сечовидільна система, нирка, сечовід, сечовий міхур, сечовидільний канал.

Контрольні запитання

1. Які системи органів беруть участь у виділенні та яка їхня роль у цьому процесі?
2. Яку роль виконує кров у процесах виділення?
3. Яка будова нирок? Де вони розміщені?
4. Які органи забезпечують накопичення та виведення сечі з організму?

Завдання

1. Які з речовин є продуктами обміну білків, вуглеводів:
   а) вода;
   б) вуглекислий газ;
   в) сечовина;
   г) сульфати?

2. Звідки органи виділення відбирають продукти обміну:
   а) із травного каналу;
   б) безпосередньо з клітин;
   в) із крові?

3. Розташуйте відділи сечовидільної системи в порядку транспорту сечі:

1	
2	
3	
4	

а) сечовидільний канал;
б) нирка;
в) сечовий міхур;
г) сечовід.

§ 2. ФУНКЦІЇ СЕЧОВИДІЛЬНОЇ СИСТЕМИ. УТВОРЕННЯ СЕЧІ

Ви дізнаєтесь про те, як довершено побудована система фільтрування крові нашого організму в нефронах, як відбувається утворення сечі і як підтримується водно-сольовий гомеостаз.

◆ Чи правда, що нирки працюють за тим самим принципом, що й побутовий фільтр для води? Чому після активного заняття спортом, а також у спекотний день частота відвідування туалету значно менша, ніж зазвичай, а колір сечі темніший?

Структурна та функціональна одиниця нирок — нефрон

Формування сечі відбувається в мікроскопічних трубчастих структурах нирок — ***нефронах*** (від грец. *нефрос* — нирка) (*мал. 5.4*).

Мал 5.4. Будова нефрона

Нирка містить понад мільйон нефронів, складна будова яких забезпечує видалення із крові продуктів обміну та виведення їх у ниркову миску. Нефрон починається *капсулою нефрона*, яка нагадує двостінний келих із порожниною між стінками (як термос). Капсула нефрона переходить у *каналець нефрона*. Він має звивисту будову і з кіркового шару спускається в мозковий, утворюючи петлю, і знову підіймається. Канальці декількох нефронів упадають у збірну трубку, якою сеча надходить до ниркової миски.

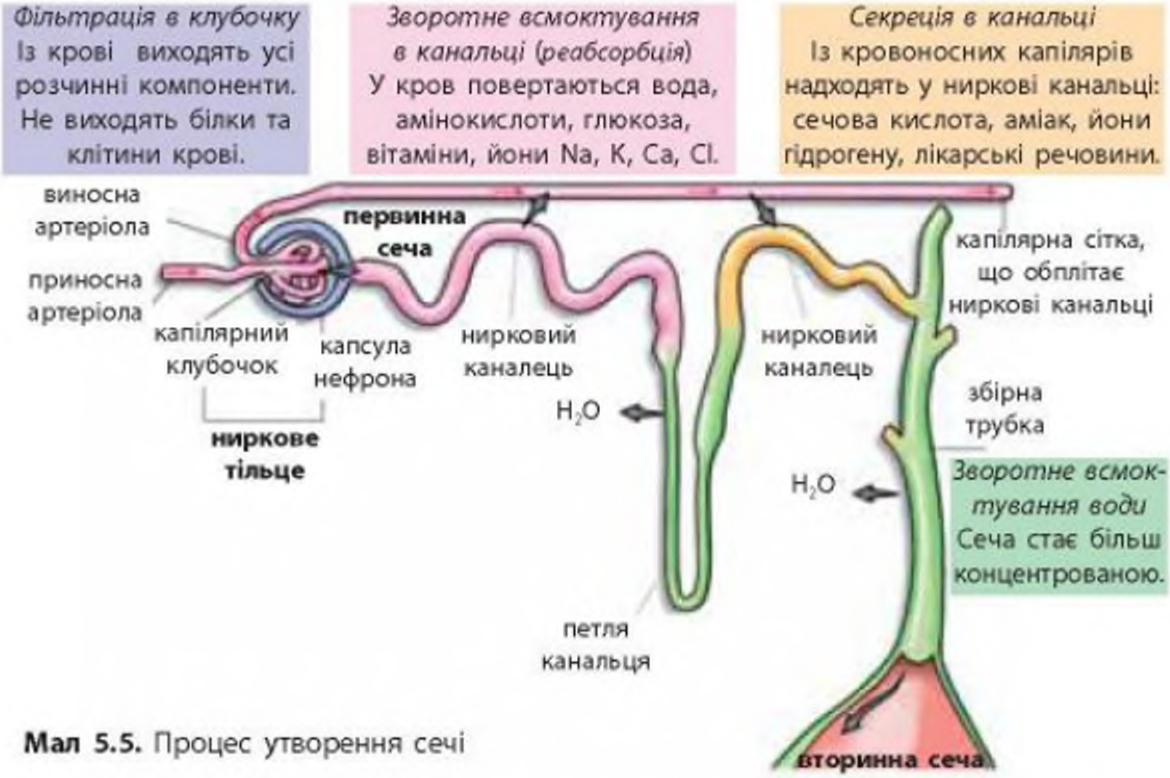
Кожен нефрон має власне кровопостачання. Ниркова артерія, що приносить кров до нирки, розгалужується на дрібні судини (артеріоли) — по одній на кожний нефрон. Приносна артеріола входить до капсули нефрона, де вона розгалужується на сітку капілярів — *клубочок*. Капсула нефрона, разом з капілярним клубочком формує *ниркове тільце*. Кров із капілярного клубочка збирається у виносну артеріолу, яка виносить кров із капсули. Після виходу із клубочка виносна артеріола ще раз розгалужується на капілярну сітку, яка густо обплітає стінки звивистих канальців. Ці капіляри переходять у венули, що об'єднуються в ниркову вену, якою очищена від продуктів обміну кров потрапляє в нижню порожнисту вену.

Навіщо ж таке подвійне галуження судин і така складна будова нефрона? Виявляється, процес утворення сечі не може здійснюватися простим відбиранням продуктів обміну. Розглянемо детальніше, як він відбувається.

Процес утворення сечі

Утворення сечі в нефронах проходить у три етапи (*мал. 5.5*):
I — фільтрація в ниркових тільцях;
II — зворотне всмоктування в канальцях нефрона;
III — секреція в канальцях нефрона.

Фільтрація в ниркових тільцях. Кров, що потрапляє до нирок нирковою артерією, фільтрується крізь стінку капілярів клубочка під впливом тиску крові. Він створюється через те, що артеріола, яка виходить із клубочка (виносна), тонша за ту, що входить (приносна). До капсули нефрона із крові крізь пористі стінки капілярів просочуються вода, розчинені в ній солі, амінокислоти, глюкоза, а також сечовина, сечова кислота й інші продукти життєдіяльності організму. Так утворюється ***первинна сеча*** (***фільтрат***). Первинна сеча відрізняється від крові тим, що не містить білків плазми й клітин крові, які за розміром настільки великі, що не здатні проходити крізь стінку капіляра. Тому вони залишаються у кровоносному руслі (*табл. 5.1, с. 121*). Процес фільтрації відбувається достатньо інтенсивно. Враховуючи те, що об'єм крові дорослої лю-



Мал 5.5. Процес утворення сечі

дини приблизно 5 л і кожні 40 хвилин уся кров фільтрується нирками, врешті-решт за добу утворюється 180 л первинної сечі.

Зворотне всмоктування та секреція в канальцях нефрона. Звичайно більшу частину води, солей і поживних речовин, що профільтрувалися в нирковому тільці нефрона, організм не планує втрачати. Усі корисні речовини мають знову повернутись до кровоносного русла, а шкідливі (сечовина, сечова кислота, аміак, деякі лікарські препарати) треба з організму вивести. Цей процес відбувається в ниркових канальцях, куди надходить первинна сеча. Уздовж ниркових канальців проходить *зворотне всмоктування* солей, поживних речовин (глюкоза, амінокислоти, вітаміни тощо) і води у кровоносні капіляри, які щільно обплітають канальці нефрона. Шкідливі речовини, наприклад, сечовина, майже не всмоктуються зворотно у кров, і тому виводяться з організму.

Додатковим механізмом виведення з організму шкідливих речовин є *канальцева секреція*. Це активний процес, завдяки якому сечова кислота, аміак, йони гідрогену, лікарські речовини тощо, які потрапили в кров, виводяться назад у ниркові канальці.

Сеча із ниркових канальців надходить до збірної трубки, де відбувається додаткове зворотне всмоктування води, тому сеча стає ще більш концентрованою. Сеча, яка збірними трубками надходить до ниркової миски, у 10 разів більш концентрована, ніж первинна, і має назву ***вторинна сеча (кінцева)***. За добу утворюється 1,5–2 л вторинної сечі. Більш докладну інформацію дивись у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. **Порівняльний склад плазми крові, первинної (фільтрат) та вторинної (кінцевої) сечі**

	Плазма крові, %	Первинна сеча, %	Вторинна сеча, %
Білки, жири	7–9	—	—
Глюкоза	0,12	0,12	—
Йони натрію	0,3	0,3	0,4
Йони хлору	0,37	0,37	0,7
Йони калію	0,02	0,02	0,15
Сечовина	0,03	0,03	1,8
Сечова кислота	0,004	0,004	0,2

Реакція сечовипускання

Збірні трубки транспортують сечу до ниркової миски, звідки вона сечоводами потрапляє до сечового міхура. Коли сечовий міхур наповнюється до половини (250–500 мл), активуються рецептори розтягнення, сигнал нервами надходить до центрів сечовиділення в головному мозку. У результаті відбувається рефлекторне скорочення м'язів сечового міхура, і сеча надходить до сечовидільного каналу. У дорослих людей цей процес відбувається довільно, тобто свідомо, що дозволяє утримати сечу навіть після наповнення сечового міхура. Вважають, що у новонароджених дітей процес сечовипускання не контролюється вищими відділами центральної нервової системи, тому він відбувається мимовільно й рефлекторно.

Регуляція сечовиділення

Нирка — це головний регуляторний орган, що керує сталістю внутрішнього середовища організму (гомеостаз), тому що забезпечує водно-сольовий баланс (виводить надлишки води й солей чи, навпаки, затримує їх виведення) і таким чином контролює тиск крові та її об'єм в організмі. Цей процес перебуває під чітким контролем ендокринної системи.

У відповідь на зміни в складі мінеральних речовин крові, у результаті зменшення вживання води чи її надмірного виділення з організму (при потінні) гіпоталамус виділяє (секретує) спеціальний гормон — *антидіуретичний гормон*. Дія цього гормона приводить до зменшення виділення сечі за рахунок підвищення зворотного всмоктування води у збірних трубках і в такий спосіб забезпечує затримку води в організмі.

Негативний вплив алкоголю. Вживання алкоголю може порушити водно-сольовий баланс організму, тому що спирт пригнічує секрецію антидіуретичного гормона гіпоталамусом. У результаті спостерігають надмірну втрату води разом із сечею, що зумовлює деякі симптоми похмільного синдрому.

Висновки

1. Структурною і функціональною одиницею нирки є нефрон. Кожна нирка містить понад 1 млн нефронів.
2. Нефрон складається з ниркового тільця (капілярного клубочка і капсули) та звивистого канальця, обплетеного судинами.
3. Утворення сечі в нефронах відбувається у три етапи: фільтрація, зворотне всмоктування й канальцева секреція.
4. За добу в результаті фільтрації утворюється близько 180 л первинної сечі, проте внаслідок зворотного всмоктування кількість вторинної сечі становить1,5–2 л.

Терміни і поняття

Нефрон, утворення сечі, первинна сеча (фільтрат), вторинна сеча (кінцева), фільтрація, зворотне всмоктування, канальцева секреція.

Контрольні запитання

1. Чому нефрон називають структурною і функціональною одиницею нирки?
2. Які основні етапи сечоутворення? У яких частинах нефрона відбувається кожен з етапів?
3. Опишіть механізм утворення первинної і вторинної сечі.
4. Чому ниркові канальці мають відносно велику довжину? Як це пов'язано з їхніми функціями?
5. Поясніть, чому вживання алкоголю може призвести до надмірної втрати води організмом. Порушення функції якого гормона при цьому відбувається?

Завдання

1. За таблицею 5.1 визначте:
   а) які речовини є у плазмі крові, але відсутні у первинній сечі;
   б) які саме речовини є в первинній сечі, але відсутні у вторинній?
   Спираючись на знання механізмів утворення сечі, поясніть, чому.
2. За таблицею 5.1 порівняйте концентрації сечовини і сечової кислоти в первинній і вторинній сечі. Обґрунтуйте причини таких відмінностей.
3. Рівень антидіуретичного гормона змінюється протягом доби. Коли рівень цього гормона вищий — вночі чи вранці? (Порівняйте об'єм вторинної сечі у різний час доби).

Для допитливих

При цукровому діабеті у крові спостерігають підвищений рівень глюкози, відповідно, при фільтрації крові нирками у первинну сечу потрапляє більше глюкози, ніж нирки можуть зворотно всмоктати. Затримка глюкози в сечі зменшує зворотне надходження води в кров. Тому люди, хворі на цукровий діабет, які не отримують лікування, постійно відчувають спрагу й частіше мають позиви до сечовипускання.

§ 3. ЗАХВОРЮВАННЯ ОРГАНІВ СЕЧОВИДІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇХ ПРОФІЛАКТИКА

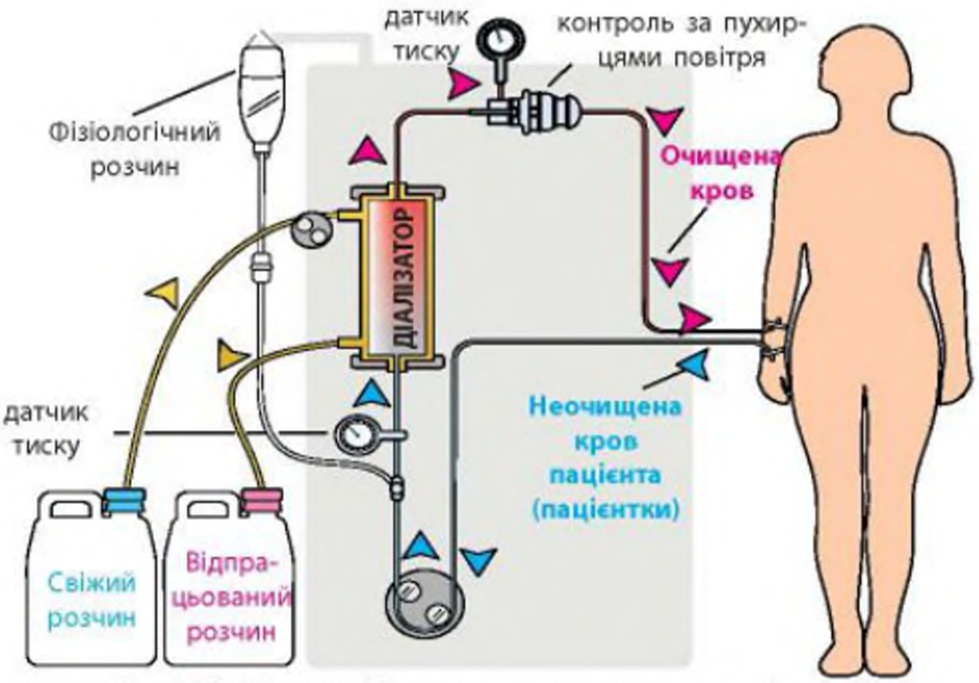
Із цього параграфа ви дізнаєтесь про найпоширеніші проблеми, пов'язані із сечовидільною системою, а також про основні захворювання, що негативно впливають на її нормальну роботу.

◆ Чому бабуся постійно каже: «Одягай довгого светра, щоб берегти нирки»? А чому не можна під час рок-концерту сидіти на газоні стадіону, а треба брати із собою складаний стільчик? Чи можна пити менше води, бо вона в кіосках дуже дорога?

Зазвичай захворювання органів сечовидільної системи починається після різних інфекційних хвороб, таких як ангіна, скарлатина, захворювання органів дихання, що спричиняє потрапляння мікробів у нирки разом із кров'ю. Також у нирки мікроби можуть потрапити через сечовидільний канал внаслідок недотримання особистої гігієни, купання в забруднених водоймах тощо. Переохолодження тіла також сприяє розмноженню й росту хвороботворних мікроорганізмів, зокрема кишкової палички, стафілокока, ентерокока. Поширеним інфекційним захворюванням сечового міхура є ***цистит***, а нирок — ***пієлонефрит***.

Сечокам'яна хвороба, утворення каменів у нирках чи сечових шляхах, розвивається на фоні порушених обмінних процесів за умов: 1) неправильного харчування (вживання жирної, гострої та смаженої їжі й, безперечно, алкоголю); 2) вживання недостатньої кількості питної води (у середньому потреба 1–1,5 л на добу); 3) постійної втрати організмом рідини при потінні (спекотний клімат, робота в гарячих цехах); 4) анатомічної закупорки сечових шляхів. Близько 60–80 % каменів є сполуками Кальцію: оксалати (кальцієві солі щавлевої кислоти), фосфати, урати (сечова кислота та її солі). Характерними ознаками захворювання сечовидільної системи є болі в поперековій зоні (ниркова коліка), які викликані порушенням відтоку сечі. Спостерігають часте й хворобливе сечовипускання. *Аналіз сечі* — це надійний показник стану сечовидільної системи. У нормі — сеча прозора, має світло-жовтий колір. Наявність у сечі крові, білків, глюкози, осаду та мікроорганізмів свідчить про розвиток захворювання.

Тривале ураження нирок може призвести до розвитку ***хронічної ниркової недостатності***, унаслідок якої втрачається частина нефронів і нирки не можуть виконувати свою функцію очищення крові. У ній накопичуються шкідливі речовини, які зазвичай виводяться із сечею. За такого стану людина відчуває слабкість,



Мал 5.6. Схема роботи системи очищення крові

нудоту, втрачає здатність до фізичної і розумової праці. Раніше діагноз хронічної ниркової недостатності був смертельним вироком. Сьогодні лікарі використовують систему очищення крові — ***гемодіаліз***, яка частково замінює роботу нирок (***мал. 5.6***). Це дає змогу пацієнтам продовжити термін життя, а для багатьох є єдиним способом вижити до моменту пересадження (трансплантації) нирок. Гемодіаліз проводять за допомогою спеціального обладнання, яке підключають до кровоносної системи пацієнта. Кров примусово й безперервно проходить крізь систему фільтрів — діалізаторів, де вона очищується від шкідливих речовин і знову повертається в кровоносну систему. Цю процедуру хворі повинні проходити регулярно протягом життя.

Висновки

1. Захворювання органів сечовидільної системи часто виникають внаслідок різних інфекційних хвороб, недотримання особистої гігієни, купання в забруднених водоймах, переохолодження тощо.
2. Поширеним інфекційним захворюванням сечового міхура є цистит, а нирок — пієлонефрит.
3. При тривалому ураженні нирок та втраті нефронів виникає хронічна ниркова недостатність.
4. Аналіз сечі є надійним показником стану сечовидільної системи.

Терміни і поняття

Пієлонефрит, сечокам'яна хвороба, хронічна ниркова недостатність, гемодіаліз.

Контрольні запитання

1. Які причини розвитку захворювань сечовидільної системи?
2. Яким чином можна запобігти розвитку цих захворювань?
3. Поясніть, чому втрата нефронів може призвести до смерті людини?
4. Які сучасні методи лікування застосовують для підтримання життя людей з нирковою недостатністю?

Завдання

У лікарню поступив пацієнт із різким поперековим болем, аналіз сечі виявив значну кількість оксалатів. Яка можлива причина болю?

§ 4. ЗНАЧЕННЯ І БУДОВА ШКІРИ. ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЯ

Вивчивши цей параграф, ви детальніше ознайомитеся з будовою шкіри та її функціями, а також дізнаєтесь про походження волосся й нігтів; зрозумієте, як організм здатен підтримувати постійну температуру тіла і яка роль шкіри в цьому.

◆ Чи корисно пітніти? Для чого людині волосся на тілі? Чому, коли нам холодно, ми тремтимо?

Функції шкіри

Зовнішнім покривом нашого організму є шкіра. Це найбільший орган організму. Загальна площа шкіри приблизно 1,5–2 м², а її маса становить 15 % маси всього тіла. Шкіра виконує такі функції:

1. Захисна:

— є бар'єром між навколишнім середовищем і внутрішніми частинами організму:

— забезпечує захист від зовнішніх механічних ушкоджень (тертя, тиску, ударів);

— запобігає проникненню мікробів;

— захищає від шкідливої дії ультрафіолетового випромінювання;

— запобігає втраті води.

2. Сприйняття подразнення — у шкірі розташована велика кількість чутливих рецепторів, що реагують на дотик, тиск, температуру, біль.

3. Видільна функція — шкіра бере участь у виведенні з організму зайвої води й деяких солей під час потовиділення.

4. Регуляція температури тіла (терморегуляція).

Будова шкіри

Шкіра складається з двох шарів: *епідермісу* й *дерми*, які відділені від м'язів і кісток *підшкірною жировою клітковиною* (*мал. 5.7*).

Епідерміс. Це зовнішній шар шкіри, утворений багатошаровим епітелієм, який виконує переважно захисну функцію. Клітини нижнього шару епідермісу постійно діляться. Нові клітини поступово просуваються до поверхні шкіри й стають твердими через те, що заповнюються міцним білком *кератином*. Тверді клітини поверхні шкіри поступово злущуються, зазвичай цього ви не помічаєте. Якщо ж ви розчешете волосся, нахилившись над чорною поверхнею, ви побачите, що на ній з'явилися білі часточки (особливо у людей, які страждають на синдром сухої себореї — лупи́). Це, власне, і є відмерлі клітини епідермісу. Що товщий шар відмерлих клітин епідермісу, то шкіра грубіша, наприклад, на п'ятах, ліктях.

У глибших шарах епідермісу містяться клітини, які виробляють пігмент забарвлення — *меланін*. Що більше цього пігменту, то темніший колір шкіри. Родимки, які є на шкірі в кожного, — це скупчення клітин, що виробляють меланін. Засмага — це взагалі захисна реакція організму на дію ультрафіолетового випромінювання сонячних променів і зумовлена збільшенням утворення меланіну.

Де́рма. Це шар шкіри, розташований під епідермісом.

Дерма утворена власне сполучною тканиною, яка наскрізь просякнута *кровоносними судинами*. Почервоніння чи зблідніння обличчя пов'язане з розширенням чи, відповідно, звуженням кровоносних судин шкіри обличчя.

У дермі розташована велика кількість *нервових закінчень*, які забезпечують відчуття дотику, тиску, температури, болю.

Мал 5.7. Структура шкіри

Дерма містить велику кількість *еластичних і колагенових волокон* — це надає шкірі пружності, а також зумовлює її здатність до розтягнення.

З віком, а також під дією сонячних променів кількість еластичних і колагенових волокон у шкірі людини зменшується. Це призводить до утворення зморшок і старіння шкіри.

У дермі розташовані *волосяні сумки*, у яких містяться епітеліальні клітини, що формують корінь волосся. Поділ цих клітин

зумовлює ріст волосся, яке проходить крізь епідерміс і виходить назовні. Ці клітини схожі на клітини епідермісу, вони також заповнюються кератином і стають твердими (мертвими). Отже, волосся фактично побудовано з відмерлих, затверділих клітин. Волосся, що на голові, захищає її від перегрівання та переохолодження. Вії та брови перешкоджають потраплянню до очей води, пилу та інших подразників.

Мал 5.8. Будова нігтя

У середньому на голові в людини є 100 000 волосяних сумок. Швидкість росту волосся становить 1 мм за три дні. Колір волосся залежить від кількості пігменту меланіну. У брюнетів і брюнеток меланіну багато, у блондинів і блондинок його мало, у сивому волоссі цього пігменту взагалі немає. Рудий колір волосся зумовлений особливим пігментом, що містить залізо. У волосяну сумку відкриваються протоки *сальних залоз*. ***Сальні залози*** виробляють шкірний жир, який пом'якшує шкіру, захищає її від пересихання. Шкірний жир має антибактеріальні властивості й пригнічує ріст мікроорганізмів на її поверхні.

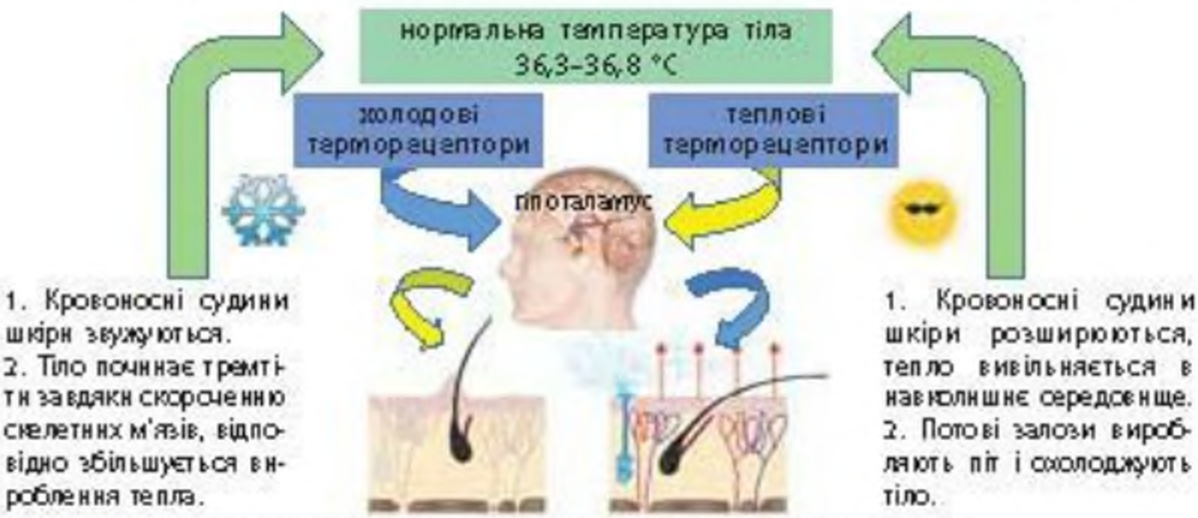
Потові залози також починаються в дермі й відкриваються на поверхню шкіри. Вони є у всіх ділянках шкіри тіла людини й, відповідно, виробляють піт. *Піт* складається із води, солей та інших водорозчинних речовин. Утворення й виділення поту — це одна з важливих функцій шкіри, яка забезпечує її роль в обміні речовин і регуляції температури тіла людини.

Одним з утворень шкіри є ***нігті***, які захищають кінцеву частину фаланг пальців від травм. Роздивіться уважно будову нігтя на малюнку 5.8. Нігті, як і волосся, утворюються в результаті поділу епітеліальних клітин у зоні *кореня нігтя*, які поступово заповнюються кератином, стають твердими й відмирають. Ніготь має рожевий колір завдяки кровоносним судинам, які проходять у дермі й просвічуються крізь шар клітин епідермісу — *нігтьового ложа*. Потовщення нігтьового ложа в основі нігтя називають *нігтьовим матриксом*. Завдяки його товщині кровоносні судини в цій зоні не просвічуються, тому ми бачимо світлий напівмісяць в основі нігтя — *лунку*. Ніготь захищений від ушкоджень шкірним валиком і боковими складками шкіри. Прозору складку епідермісу, яка є продовженням шкірного валика, називають *кутикулою*.

Центр терморегуляції

Незалежно від температури навколишнього середовища, а також кількості тепла, що виробив організм, температура тіла залишається сталою і дорівнює 36,3–36,8 °С. Це — нормальна температура тіла, що необхідна для оптимального перебігу всіх хімічних реакцій в організмі. Наприклад, за підвищення температури тіла основний транспортер кисню в організмі — білок гемоглобін менш ефективно зв'язується з киснем, що є дуже небезпечним. Візьміть термометр і виміряйте температуру свого тіла, коли ви перебуваєте в приміщенні, а потім на відкритому повітрі. Ви переконаєтесь: вона — незмінна. Процес регуляції температури тіла має назву — *терморегуляція*. Терморегуляція відбувається завдяки тому, що центральна нервова система має центр терморегуляції, розміщений у гіпоталамусі. Він отримує сигнали від температурних рецепторів. Цей центр, як звичайний термодатчик, реагує на зміни температури тіла й, відповідно, віддає команду підвищити чи знизити її. Згадайте, як працює звичайний кондиціонер, у який вбудовано термодатчик. Ви виставляєте на ньому певну температуру, і, залежно від температури навколишнього середовища, прилад починає гріти чи охолоджувати повітря до тих пір, поки навколишня температура не досягне встановленого значення. В організмі людини продукція тепла залежно від умов зовнішнього середовища змінюється шляхом посилення або послаблення інтенсивності обміну речовин.

Роль шкіри в регуляції температури тіла. Шкіра відіграє важливу роль у регуляції температури тіла. Якщо вона підвищується вище норми, температурні рецептори надсилають відповідні сигнали, центр терморегуляції активується, і відбувається запуск рефлексу, спрямованого на зниження температури тіла (*мал. 5.9*). Нервовими волокнами він надсилає сигнал до кровоносних судин шкіри й спричинює їх розширення. Через розширені судини шкі-



Мал 5.9. Схема процесу терморегуляції за участі шкіри

ри більше крові протікає через її поверхню, і, відповідно, вона віддає більше тепла в навколишнє середовище. За нормалізації температури центр отримує сигнал від терморецепторів про припинення роботи, і судини приходять у норму.

У сильну спеку, коли існує загроза теплового удару, для додаткового зниження температури тіла нервова система активує процес потовиділення. Випаровуючись із поверхні шкіри, піт поглинає значну кількість тепла, завдяки цьому людина може витримувати високі температури. Пам'ятайте, що втрата води з потом може призвести до падіння артеріального тиску й запаморочення. Тому в спеку потрібно вживати достатню (але не надмірну!) кількість води для підтримання водно-сольового балансу організму.

Коли ж температура в зовнішньому середовищі знижується, навпаки, центр терморегуляції запускає рефлекторне звуження судин і, таким чином, зменшує віддачу тепла в навколишнє середовище. Також організм підвищує вироблення тепла завдяки активації процесів обміну речовин. Згадаймо, що результатом метаболічного перетворення поживних речовин є утворення не лише енергії у вигляді молекул АТФ, а також і тепла. Найбільше вивільняється тепла в результаті перетворення білків (30 %), тоді як перетворення жирів дає 4 %, а вуглеводів — 6 %. Найефективнішим джерелом тепла в нашому організмі є скорочення скелетних м'язів. Згадайте, що за надмірного охолодження тіло починає тремтіти. Це захисний механізм для підвищення температури тіла, який виникає в результаті надсилання нервових імпульсів від центру терморегуляції до скелетних м'язів. Скорочення скелетних м'язів утворює додаткове тепло — і тіло зігрівається. Тому для зігрівання в морозяний день і запобігання переохолодженню потрібно весь час рухатись.

Таким чином, регуляція температури тіла здійснюється рефлекторним шляхом.

Висновки

1. Шкіра — це найбільший орган нашого організму, який складається з епідермісу та дерми, відділених від м'язів і кісток підшкірною жировою клітковиною. Волосся й нігті утворені з мертвих, заповнених кератином епітеліальних клітин.
2. Шкіра виконує захисну, видільну, терморегуляторну функції та сприймає подразнення з навколишнього середовища.
3. Центр терморегуляції розміщений в особливій структурі головного мозку — гіпоталамусі. Рецептори шкіри інформують гіпоталамус про зміни температури довкілля.
4. У спеку розширюються судини шкіри, активується потовиділення, сповільнюється інтенсивність обміну речовин.
5. В умовах холоду звужуються судини шкіри, посилюється обмін речовин, відбувається тремтіння м'язів.

Терміни і поняття

Епідерміс, дерма, сальні залози, потові залози, ніготь.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні функції шкіри.
2. Що подібного між епідермісом, волоссям і нігтями?
3. Опишіть будову дерми й функції окремих її частин.
4. Від чого залежить колір шкіри й волосся?
5. Що таке терморегуляція?
6. Яким чином терморегуляторний центр підтримує температуру тіла на сталому рівні?
7. Яка роль потових залоз у підтриманні температури тіла?
8. Чому при переохолодженні тіло починає тремтіти?

Завдання

Об'єднайтеся в групи і разом складіть поради мандрівникам і мандрівницям, які вирушають у різні куточки планети: а) у джунглі; б) в пустелю Сахару; в) в Антарктиду; г) на Монблан. Передусім опишіть умови (температура, вологість, вітер, рівень ультрафіолетового випромінювання), очікувані під час подорожі. Порадьте, який одяг і додаткові засоби захисту краще взяти з собою. Також визначте, які продукти харчування та напої сприятимуть підтриманню нормального функціонування організму у таких екстремальних умовах (скористайтеся матеріалами тем «Обмін речовин та енергії», «Травлення»).

Для допитливих

Сонячні промені — користь і шкода. У незначних кількостях ультрафіолетове випромінювання сонячних променів важливе для організму, а саме: для утворення вітаміну D клітинами епідермісу. Але зловживання перебуванням на сонці є ризиком розвитку раку шкіри. Меланома — це одна з найагресивніших злоякісних пухлин, яка розвивається з клітин, що виробляють меланін. Для запобігання розвитку раку шкіри необхідно використовувати сонцезахисний крем, обмежувати тривалість перебування на сонці, особливо опівдні, а також не зловживати процедурами у солярії.

Акне (вугрова хвороба). *Захворювання сальних залоз*, що виникає в результаті збільшення секреції шкірного жиру сальними залозами. Закупорка отвору сальної залози в зоні волосяної сумки сприяє росту бактерій, які й викликають запалення. Вугровий висип трапляється практично в будь-якому віці: від народження до старості. Найпоширенішою формою акне є юнацькі вугрі, які спостерігають у пацієнтів і пацієнток 12–24 років (майже 90 % випадків). Причинами виникнення акне є генетична схильність, також порушення особистої гігієни (потрібно тримати тіло в чистоті, не використовувати косметичні засоби, що сприяють закупорці сальних залоз — тональні креми, пудри, рум'яна тощо).

Зміни в гормональному стані організму в період статевого дозрівання підлітків також можуть викликати появу акне, яке пізніше має зникнути. У деяких випадках вугрова хвороба потребує медикаментозного лікування, яке призначає лікарка чи лікар-дерматолог. До того ж він з'ясує, чи не викликана поява акне ураженням шкірним кліщем — демодексом.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що нирки виводять із крові продукти обміну та підтримують водно-сольовий гомеостаз.
2. Ми дізналися, що процес утворення сечі відбувається у нефронах: шляхом фільтрації у нирковому тільці утворюється первинна сеча, а під час процесів зворотного всмоктування та канальцевої секреції — вторинна сеча.
3. Ми запам'ятали, що шкіра утворена епідермісом і дермою, під якими розміщена підшкірна жирова клітковина. Епідерміс утворений епітеліальною тканиною, у клітинах якої накопичується кератин. Дерма складена сполучною тканиною й містить потові та сальні залози, волосяні сумки, кровоносні й лімфатичні судини.
4. Ми довідались, що цистит, пієлонефрит та інші хвороби сечостатевої системи можуть виникати внаслідок порушення правил гігієни та після перенесених інфекцій дихальних шляхів, а також, що переохолодження сприяє розвитку цих хвороб.
5. Ми усвідомили, що шкіра відіграє важливу роль у терморегуляції завдяки рецепторам, які інформують центр терморегуляції в гіпоталамусі. Кінцева регуляція відбувається завдяки зміні діаметра кровоносних судин дерми, роботі потових залоз, а інколи — тремтіння м'язів.

Знаю — вмію

- Я знаю, що у виділенні продуктів обміну з організму беруть участь нирки, легені, печінка, травний канал, шкіра.
- Я знаю, що нирки не тільки виводять із крові продукти обміну, а ще й забезпечують водно-сольовий гомеостаз.
- Я розумію, що нирки відбирають продукти обміну з крові.
- Я знаю, які функції виконують сечоводи, сечовий міхур та сечовидільний канал.
- Я вмію розпізнати органи сечовидільної системи на малюнках.
- Я можу пояснити, як будова нефрона відповідає його функціям.
- Я розумію, що процес утворення сечі відбувається шляхом фільтрації, зворотного всмоктування та канальцевої секреції.
- Я розумію, як гормони впливають на зворотне всмоктування води та мінеральних речовин і як при цьому змінюється об'єм вторинної сечі.
- Я дізнався про використання гемодіалізу (апарата «штучної нирки») для підтримання життя людей із нирковою недостатністю.
- Я знаю, з яких тканин побудована шкіра та функції різних структур шкіри.
- Я зрозуміла, які функції виконують потові та сальні залози.
- Я вмію розпізнати на малюнках шари шкіри, структурні компоненти нігтя та волосини.
- Я зрозумів, як працюють механізми терморегуляції.
- Я дізналася про найбільш поширені захворювання сечостатевої системи та шкіри й усвідомила заходи запобігання їм.

ОПОРА ТА РУХ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- **що кістки і хрящі людини постійно оновлюються;**
- **що скелет людини — це не тільки опора її організму;**
- **як м'язи скорочуються;**
- **що є багато різних видів суглобів, а разом із м'язами й кістками вони можуть працювати як важелі;**
- **як ростуть і міцнішають кістки та м'язи людини під час фізичних навантажень**

§ 1. ЗНАЧЕННЯ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ, ЇЇ БУДОВА Й ФУНКЦІЇ. КІСТКИ ТА ХРЯЩІ

Ви дізнаєтеся, які функції виконує опорно-рухова система, як побудовані кістки і що рука — це такий самий шедевр природи, як і мозок людини.

◆ Що міститься всередині кісток? Окрім форми, чи є якісь інші відмінності між різними кістками? Чи можна кістку вважати живою?

Опорно-рухова система людини, її будова й функції

Скелет і скелетні (посмуговані) м'язи людини формують єдину систему, що дає змогу виконувати безліч різних рухів — ходити, стрибати, бігати, писати, кліпати повіками, танцювати, змінювати вираз обличчя, пережовувати їжу тощо (*мал. 6.1*). Їх єдність очевидна і в тому, що переважна кількість скелетних м'язів тіла, за винятком лише деяких м'язів голови, прикріпляється сухожиллями до кісток.

Мал. 6.1. Наявність внутрішнього опорного апарату — запорука вільного руху

Опорно-рухова система людини включає ***кістки скелета, скелетні м'язи*** і сполучну тканину для їх з'єднання, які разом забезпечують усі вияви рухової активності. Різного типу з'єднання формуються за допомогою колагенових волокон щільної сполучної тканини, з яких побудовані *сухожилля* — для прикріплення м'язів до кісток, та *зв'я́зки* — для з'єднання кісток у суглобах. Кістки черепа міцно з'єднані між собою швами і не можуть рухатися одна відносно іншої. Вони призначені забезпечити надійний захист головного мозку від механічних ушкоджень. Зростаються і хребці нижніх відділів хребта.

Мал. 6.2. Прямоходіння пов'язане із значними змінами у скелеті людини, але звільнило її руки для праці

Невідомо, чи зміг би так розвинутися головний мозок людини, якби вона не перейшла до прямоходіння (*мал. 6.2*). Це звільнило руки для їх удосконалення в процесі праці й стимулювало розвиток головного мозку, який сприяв подальшому вдосконаленню руки. У їхній тісній співпраці з'явилися

Мал. 6.3. Шолом і лати у порівнянні з кістками черепа та хребта людини

можливості для виконання таких рухів, що не притаманні жодній тварині.

Коли ми говоримо про значення кісток і скелетних м'язів як основу опорно-рухової системи людини, не треба забувати про інші, дуже важливі їхні функції.

Розглянемо значення кісток і скелетних м'язів.

1. Кістки черепа та хребта забезпечують надійний захист головного і спинного мозку — це їхні шолом і лати (*мал. 6.3*). Грудна клітка захищає серце, легені, великі судини, а кістки таза — сечостатеві органи.

2. У кістках містяться важливі мінеральні речовини, насамперед кальцій і фосфор. Якщо виникає нестача цих речовин, то організм може їх отримати з кісток.

3. Кровотворення — основні клітини крові утворюються в кістковому мозку (тема «Транспорт речовин»).

4. М'язи, зокрема живота, захищають і підтримують внутрішні органи.

5. Діафрагма й міжреберні м'язи забезпечують життєво важливі дихальні рухи (тема «Дихання»).

6. Скорочення скелетних м'язів важливо для руху лімфи та крові венами (тема «Транспорт речовин»).

7. Теплопродукція в м'язах відіграє важливу роль у терморегуляції організму (теми «Вступ», «Виділення. Шкіра», «Регуляція функцій організму»).

Таким чином, навіть у стані фізичного спокою кістки та м'язи людини постійно виконують різні функції.

Чи кістки живі? Будова кісток і хрящів

Слово «скелет» має грецьке походження і буквально означає «висушений». Якщо ви бачили скелет людини в музеї, то, можливо, у вас склалося враження, що всередині тіла людини кістки теж сухі, ламкі й загалом якісь мертві. Якщо так, то вас напевно здивує, що вони не тільки живі, а ще й постійно оновлюються. Кістки містять судини, нерви, клітини різних типів, білки, а також мінеральні речовини, які роблять їх такими міцними. Водночас кістки мають еластичні властивості, які залежать від вмісту органічних речовин. Основним білком кісток є **осеїн**, а серед неорганічних речовин переважають солі Кальцію. ***Кістка*** — це основна структурна одиниця скелета людини (*мал. 6.4*). Її основою є кісткова тканина, що належить до опорних тканин внутрішнього середовища.

Кісткова тканина буває ***губчаста*** і ***щільна***, або ***компактна***. Щільна тканина складає зовнішню частину кістки, вона міцна та тверда. Губчаста тканина розміщена всередині кістки. Вона легша і не така щільна, тому що має багато пор. У цих порах міститься червоний кістковий мозок, який утворює клітини крові.

Мал. 6.4. Кістки містять різні типи тканин

У різних кістках залежно від їхніх функцій співвідношення між губчастою і щільною тканинами можуть бути досить різними. Ззовні кістки вкриті ***окістям*** — міцною оболонкою із двох шарів. У зовнішньому, щільнішому, шарі проходять судини й нерви, які забезпечують її живлення. Цей шар також захищає кістку. Внутрішній шар окістя містить стовбурові клітини, що забезпечують ріст й оновлення кістки, підтримання її мінерального гомеостазу, а у випадку перелому кістки — її «ремонт».

Клітини кісток за їх спеціалізацією поділяють на три типи:

- ***остеобласти*** утворюють нові клітини кісток і забезпечують їх ріст; це клітини-будівники кістки;
- ***остеоцити*** — це найчисленніші клітини кістки, що формуються з остеобластів; саме ці клітини виділяють осеїн і відповідають за мінералізацію кісток;
- ***остеокласти*** — це клітини, які вміють «розчиняти» мінеральні речовини кісток, після чого ці речовини знову потрапляють у кров; це клітини — руйнівники кістки.

За анатомічними особливостями розрізняють такі основні **типи кісток**: ***довгі кістки*** (коли довжина значно більша за ширину — наприклад, ребра), ***короткі кістки*** (наприклад, кістки зап'ястка), ***сесамоподібні кістки*** (наприклад, наколінок), ***плоскі кістки*** (довжина і ширина більші за товщину — наприклад, тім'яна кістка черепа), а ще є ***змішані, неправильної форми кістки*** (наприклад, хребці) (*мал. 6.5*). У довгих, коротких і сесамоподібних кістках переважає губчаста тканина, а в плоских — щільна тканина. Кісткова тканина дуже динамічна, вона постійно формується остеобластами та руйнується остеокластами.

У місцях з'єднання з іншими кістками на їхній поверхні є ***хрящ***, побудований із гнучкої та міцної хрящової опорної тканини, яка належить до тканин внутрішнього середовища, що виконує опорно-механічну функцію та зменшує силу тертя. Основними клітинами

Мал. 6.5. Кістки різних типів

хрящової тканини є ***хондроцити***, головною функцією яких є формування щільної міжклітинної речовини. Залежно від будови волокон цієї речовини розрізняють три види хрящів: гіаліновий (саме такий хрящ вкриває поверхні суглобів), еластичний (формує вушні раковини, надгортанник) і волокнистий (є у міжхребцевих дисках, а також у місцях прикріплення сухожиль до кісток). Хрящ не містить кровоносних судин, а натомість отримує поживні речовини шляхом їх дифузії з **охрястя** — зовнішньої оболонки хряща.

Висновки

1. Опорно-рухова система людини включає кістки скелета, скелетні м'язи, а також сухожилля і зв'язки для їх з'єднання.
2. Кістки виконують багато функцій: захищають важливі органи; підтримують гомеостаз мінеральних речовин; до них кріпляться скелетні м'язи, а в кістковому мозку утворюються клітини крові.
3. Кістка — це основна структурна одиниця скелета людини. Кісткова тканина буває губчастою та щільною (компактною), які разом забезпечують значну міцність кісток за відносно невеликої їх маси.
4. Найчисленнішими клітинами в кістках є остеоцити. Кісткова тканина дуже динамічна, вона постійно формується остеобластами та руйнується остеокластами, що забезпечує постійне оновлення кісток.
5. Виділяють п'ять основних типів кісток: довгі, короткі, сесамоподібні, плоскі та змішані кістки.

Терміни і поняття

Опорно-рухова система, кістки, посмуговані (скелетні) м'язи, сухожилля, зв'язки, остеоцит, остеобласт, остеокласт, тканини кісток (губчаста, щільна, окістя), типи кісток (довгі, короткі, сесамоподібні, плоскі й змішані кістки), хрящ, хондроцит.

Контрольні запитання

1. Поясніть різницю між губчастою і щільною кістковими тканинами.
2. Чому кістки називають «складом» мінеральних речовин?
3. Які типи кісток ви знаєте? Наведіть приклади кісток кожного типу.
4. Назвіть клітини кісток трьох типів та поясніть роль кожної з них.
5. Які види хрящів ви знаєте? Наведіть приклади, де в організмі зустрічається хрящова тканина того чи іншого виду.

Завдання

1. Проаналізуйте всі функції кісток і скелетних м'язів. Можливо, деякі ви навіть і не згадали, наприклад, міміку обличчя. Результати аналізу оформіть у вигляді таблиці:

Елементи опорно-рухової системи	Функції
Скелетні м'язи	Теплопродукція для підтримання температури тіла
Кістки (скелет)	
Кістки і м'язи «у співпраці»	
Хрящ	
Сухожилля	
Зв'язки	

2. На малюнку відображено основні функціональні зв'язки опорно-рухової системи із системою кровообігу:

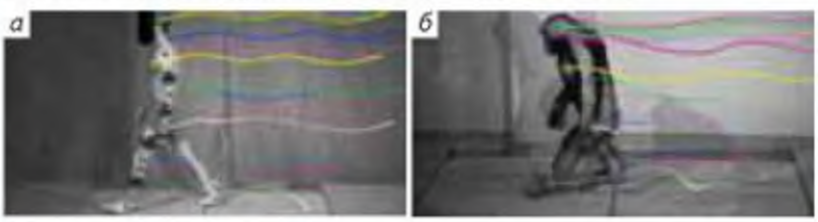
Складіть схеми функціональних зв'язків опорно-рухової системи з іншими системами органів — дихання, травлення, нервовою.

Для допитливих

Як ходять люди і мавпи?

Прямоходіння потребує дуже значних зусиль для підтримання балансу тіла (а простіше — щоб не впасти), і часто його називають «контрольованим падінням» тіла: якщо ми вчасно не поставимо ногу перед собою, то впадемо. Для чотирилапих тварин це набагато простіше, адже вони постійно спираються на дві лапи. Для людини прямоходіння потребує передбачення результатів руху, тісну співпрацю сенсорних систем — усе це має гармонійно виконуватися за допомогою головного координаційного центру — мозку, а також спинного мозку, що забезпечує передачу нервових імпульсів до м'язів.

Дослідниками й дослідницями доведено, що виникнення опорно-рухового апарату для прямоходіння, який би максимально ефективно витрачав енергію, стало однією з важливих рушійних сил еволюції (*мал. 6.6*).



Мал. 6.6. Дослідження ходіння

§ 2. З'ЄДНАННЯ КІСТОК

Ви дізнаєтесь про те, які є види з'єднання кісток, і яким чином з'єднання кісток у суглобі може бути одночасно міцним і рухливим.

◆ Як кістки з'єднуються між собою? Чи й справді кістка може «вискочити» із суглоба?

Значення суглобів

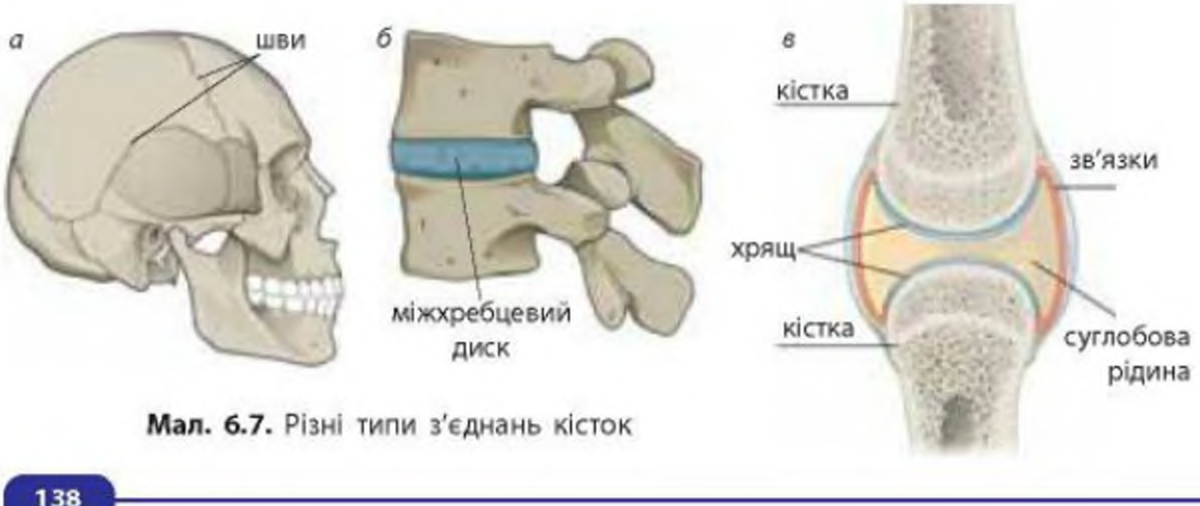
Більшість кісток скелета, крім з'єднаних нерухомо (наприклад, кістки черепа), можуть рухатися одна відносно іншої. Тому скелет людини — це рухома система, завдяки якій ви можете змінювати положення тіла (стояти, сидіти, лежати тощо), а також рухатися (ходити, бігати, стрибати, плавати, кататися на велосипеді, грати на музичних інструментах тощо). **З'єднання кісток** існують трьох основних типів — ***нерухомі, частково рухомі*** та ***рухомі.***

• У нерухомих з'єднаннях щільна мережа колагенових волокон міцно приєднує одну кістку до іншої. Так формуються шви між окремими кістками черепа (***мал. 6.7, а***).

• Частково рухомі з'єднання уможливлюють тільки обмежені рухи. У цьому випадку кістки утримуються в місці їх з'єднання хрящем, як, наприклад, при з'єднанні ребер із грудиною або в місцях з'єднання хребців (***мал. 6.7, б***).

• Рухомі з'єднання — найпоширеніший тип з'єднання кісток — забезпечують найвищий ступінь переміщень кісток одна відносно іншої. За будовою це найскладніший тип з'єднання кісток. Кістки в цьому разі з'єднуються зв'язками (***мал. 6.7, в***).

Деякі кістки можуть виконувати більшу кількість рухів у різних площинах, деякі — меншу, але в будь-якому випадку всі рухи можливі завдяки рухомим з'єднанням між кістками — ***суглобам.*** Саме суглоби забезпечують увесь спектр рухової активності люди-



Мал. 6.7. Різні типи з'єднань кісток

ни, адже це своєрідні «шарніри» скелета. Суглоби містять рідину, що за виглядом і консистенцією нагадує білок курячого яйця. Крім того, поверхні кісток у суглобах укриті гладеньким шаром хряща, що разом із рідиною значно зменшує силу тертя в місцях контактів між кістками (*мал. 6.7, в*).

Типи суглобів і рухів, які вони забезпечують

Кістки, з'єднані суглобами, рухаються як важелі, за допомогою скорочення скелетних м'язів. Саме тому можливе значне переміщення кістки під час докладання до неї відносно невеликої сили — це відбувається за принципом важеля. Є різні форми суглобів залежно від рухів, які вони забезпечують і які поділяються на два основних типи (*мал. 6.8*). ***Кутові рухи*** — коли змінюється кут між кістками, тобто згинання, відбуваються, коли кут між кістками зменшується, наприклад, коли передпліччя переміщується вгору в лікті. Розгинання відбувається як процес, протилежний згинанню, коли кут між кістками в місці їх з'єднання збільшується. ***Обертальні рухи*** — це такий рух кістки, коли вона обертається довкола своєї поздовжньої осі. Рух голови, яким ви підтверджуєте слово «ні», є прикладом обертального руху. Можливі також і різні комбінації цих рухів, тобто кутові й обертальні рухи можуть виконуватися паралельно.

Мал. 6.8. Суглоби різних типів: відповідно до типу рухів, які вони забезпечують

Діапазон можливих рухів залежить від ряду факторів, насамперед форми й розміру поверхонь кісток, які з'єднуються в суглобі, а також від ступеня його фіксації зв'язками. ***Плоскі суглоби***, наприклад, між деякими кістками стопи, дають змогу робити лише невеликі бокові рухи, а чемпіонами є ***кулясті суглоби***, скажімо кульшовий суглоб — це найрухоміший суглоб, який уможливлює тривісні обертальні рухи (згадайте рухи ніг гімнастів). Рухливість суглобів має значні індивідуальні особливості залежно від віку, статі, фізичної тренованості людини.

Суглоби також поділяють на ***прості*** і ***складні***. У простих з'єднуються лише дві кістки, а в складних — три і більше кісток, наприклад, у ліктьовому суглобі з'єднуються плечова, ліктьова і променева кістки.

Висновки

1. З'єднання кісток існують трьох основних типів — нерухомі, частково рухомі і рухомі. Рухомі суглоби поділяють на прості і складні.
2. Суглоби — це місця з'єднання кісток, які уможливлюють їх рухи за допомогою м'язів. Кістки в цьому разі утримуються зв'язками.
3. Ступінь рухливості в суглобах може бути різним та залежить від ряду чинників.
4. Тип з'єднання кісток пов'язаний з виконуваною ними функцією.

Терміни і поняття

Нерухомі, частково рухомі і рухомі з'єднання кісток, суглоб (простий, складний), кутові й обертальні рухи суглобів, плоскі й кулясті суглоби.

Контрольні запитання

1. Які є типи з'єднання кісток?
2. Дайте визначення нерухомого з'єднання кісток і наведіть приклад такого з'єднання.
3. Як з'єднані ребра з хребцями? Обґрунтуйте, як такий тип з'єднання пов'язаний з функціями грудної клітки.
4. Які рухи можливі в плечі? У шиї? У коліні?
5. Наведіть схему й опишіть будову суглоба.
6. У чому полягає відмінність складного суглоба від простого? Наведіть приклад для кожного типу.

Завдання

Детально роздивіться малюнок 6.8 та спробуйте визначити, які рухи можливі для суглобів того чи іншого типу.

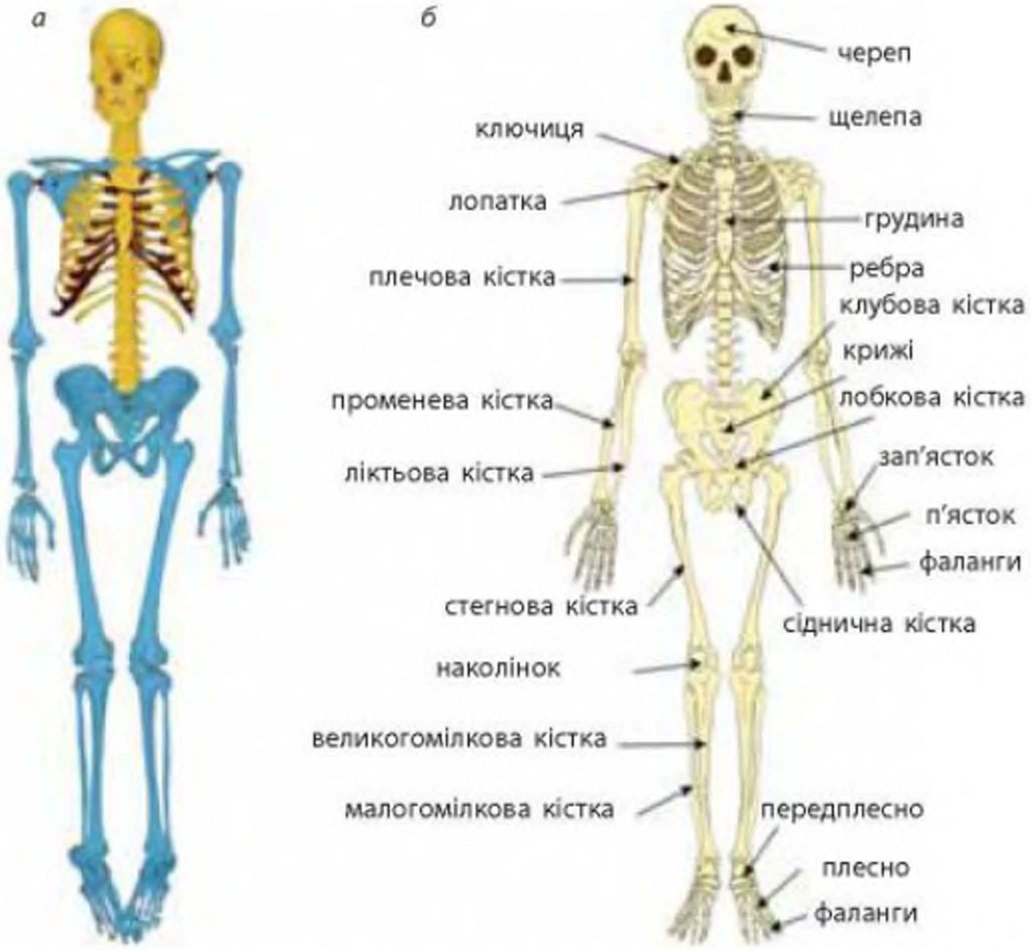
§ 3. ОГЛЯД БУДОВИ СКЕЛЕТА

Ви дізнаєтесь про основні відділи скелета, зв'язок будови кожного відділу з його функціями, про основні порушення скелета.

◆ Скільки кісток у людини? Яка кістка найбільша? Яка — найменша?

Загальна будова скелета людини

Скелет людини — це її живий каркас, який поділяється на ***осьовий*** і ***додатковий***. У дорослої людини він складається з 206 кісток, кожна з яких має свою назву (*мал. 6.9*). Скелет малюків містить значно більше кісток (понад 300). Утім, протягом дитячого й підліткового періоду життя деякі з них зростаються, і тому в дорослих людей їх меншає.



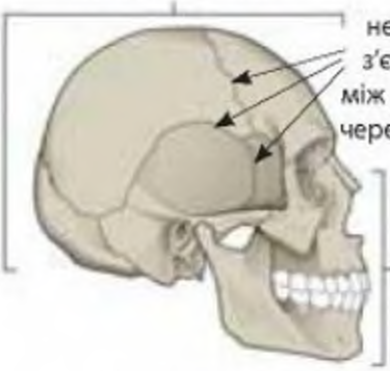
Мал. 6.9. Будова скелета людини. Осьовий (*а*, жовтий колір), додатковий скелет (*а*, синій колір) та основні кістки скелета (*б*)

Осьовий скелет включає череп, хребет, ребра і грудину та загалом містить 80 кісток. До додаткового скелета належать кістки верхніх і нижніх кінцівок, а також кістки, що з'єднують його з осьовим скелетом — разом це 126 кісток. Крім кісток, скелет містить хрящі, що допомагають кісткам легко ковзати в суглобах, а також зв'язки, що з'єднують кістки між собою й утримують їх у суглобах.

Кожна кістка має своє призначення, і від цього залежить її розмір, форма й міцність (*мал. 6.9, б*). Наприклад, кістки таза й нижніх кінцівок товсті й міцні, адже їм доводиться витримувати значну частину маси тіла.

Загалом верхня частина скелета є більш рухливою, що дає змогу нам піднімати й переносити предмети, повертати голову й тулуб. Нижня частина скелета, навпаки, в основному забезпечує стабільність під час ходьби й бігу.

Череп



Мал. 6.10. Череп людини

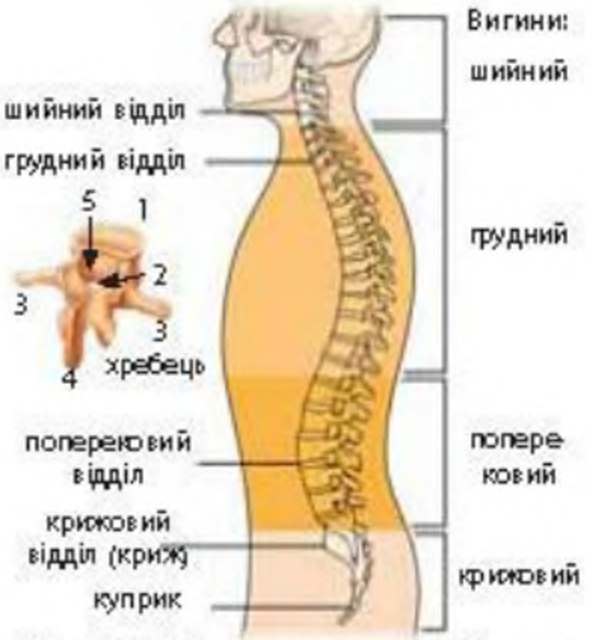
Череп людини складається з 22 кісток. Із них 21 кістка в дорослої людини з'єднана швами, тобто вони не рухаються одна відносно одної. Рухатися може лише нижня щелепа. Іноді до кісток черепа відносять також і слухові кісточки середнього вуха — молоточок, ковáделко і стремінце. Серед них стремінце — найменша кістка нашого організму, розмір якої усього $1{,}4 \times 3 \times 3{,}5$ мм, а середня маса — 2,9 мг.

Череп поділяється на ***мозкову*** і ***лицéву частини*** (*мал. 6.10*). Кістки лицéвої частини є основою для тканин обличчя та формують порожнину носа, мають очні ямки (орбіти) і забезпечують прикріплення зубів верхньої і нижньої щелепи. Мозкова частина формує черепну порожнину, яку майже повністю займає головний мозок. Нижню частину називають основою черепа. Вона має дуже складну будову, зокрема в ній є багато отворів, через які проходять черепні нерви, судини та спинний мозок.

Хребет

Хребет (***хребетний стовп***) складається з окремих ***хребців***. Кожен із них з'єднується із сусідніми хребцями за допомогою міжхребцевих дисків та з'єднань інших типів: зв'язки, суглоби (*мал. 6.11*).

У результаті таких з'єднань окремими хребцями утворюється міцний і водночас гнучкий і рухомий хребетний стовп. Він захищає спинний мозок, який знаходиться в центральному каналі хребта, підтримує голову та є основою для формування довкола нього грудної клітки. Хребет складається з 33–34 *хребців*, 24 з яких рухомі: 7 формують *шийний відділ*; 12 — *грудний* і 5 — *поперековий* (*мал. 6.11*). У двох нижніх відділах хребці зростаються: 5 — *у крижовому* і 4–5 — *у куприковому*.



Мал. 6.11. Відділи та вигини хребтового стовпа. Окремо показано будову типового хребця

Хребці в різних відділах мають різний розмір і форму, тому ми ознайомимося з найбільш типовим хребцем — це хребець грудного відділу. Він має тіло (1), дугу (2), два поперечні відростки (3), один остистий відросток (4), а в центрі — хребцевий отвір (5) (*мал. 6.11*). Хребцеві отвори сусідніх хребців розташовані один над одним і разом вони формують *хребтовий канал*, де і міститься спинний мозок.

Хребет людини — це довгий стовп із вигинами, який від шийного до поперекового відділу стає масивнішим і товщим, а у крижовому відділі знову звужується. Він має чотири вигини, що виникли в результаті пристосування до прямоходіння — два випуклі вперед (шийний і поперековий), і два — назад (грудний і крижовий). Вигини хребта надають йому пружності — це свого роду «ресори» тіла людини. Вигини хребта стають добре помітними вже в 5 років, але повністю вони завершують своє формування у 15–20 років. Тому в підлітковому віці так важливо стежити за своєю поставою, виконувати фізичні вправи, правильно сидіти за партою чи за столом. Значні вигини хребта як уперед, так і назад є відхиленням від норми. Бокові вигини хребта, які найчастіше виникають в молодшому шкільному віці, називають *сколіозом*.

Хребет допускає різноманітні рухи — згинання і розгинання, бічні нахили, оберти тулуба вправо і вліво, а також рухи по колу. Напевно, читаючи це, ви згадали комплекс ваших ранкових гімнастичних вправ? Сподіваємося, дізнавшись більше про хребет та можливі проблеми з ним, ви будете регулярно виконувати такі вправи.

Грудна клітка

Грудна клітка насправді має вигляд клітки, адже вона з усіх боків захищає й підтримує органи грудної порожнини. Вона також бере участь у диханні, забезпечує підтримку плечового пояса і верхніх кінцівок. Грудна клітка має форму розширеного донизу конуса і складається з 12 пар *ребер*, грудини, хребців грудного відділу і хрящів. *Грудина* — це плоска кістка на передній стінці грудної клітки. Сім пар ребер кріпляться до грудини своїми передніми хрящами, три пари приєднуються до сьомого ребра, а кінці двох останніх пар розміщені вільно. Задня частина ребра з'єднується з хребцями грудного відділу за допомогою реброво-хребцевих суглобів. Велика кількість напіврухливих з'єднань дає змогу легко змінювати об'єм грудної клітки під час дихальних рухів.

Верхні і нижні кінцівки

Додатковий скелет людини включає кістки верхніх і нижніх кінцівок, а також *плечовий* і *тазовий пояси* (*мал. 6.9, б*). Плечовий пояс складається із ключиць і лопаток. Верхня кінцівка містить плечову кістку, кістки передпліччя (ліктьова і променева) і кістки кисті. Плечова кістка — це найбільша й найдовша кістка верхньої кінцівки. Рука включає кістки зап'ястка, п'ястка (долоні) і фаланги — кістки пальців (*мал. 6.12*).

Тазовий пояс з'єднує вільну частину нижньої кінцівки з тулубом і складається з крижів двох тазових кісток, які в людини широкі й міцні, що потрібно для прямоходіння. У віці 14–16 років три окремих кістки — клубова, лобкова і сіднична — костеніють і утворюють одну масивну тазову кістку — надійну опору для верхньої частини тіла людини.

Мал. 6.12. Рука людини

Вільна частина нижньої кінцівки складається зі стегнової кістки, двох кісток гомілки — великої і малої, та кісток стопи. Стегнова кістка — це найбільша і найдовша трубчаста кістка скелета людини. Спереду її нижнього кінця розміщується наколінок двоопуклої форми — найбільша сесамоподібна кістка.

Стопа людини складається із передплесна, плесна і фаланг. Вона слугує як для опори, так і для ходьби чи бігу. Наявність склепінь, короткі й розширені фаланги та інші особливості стопи роблять її міц-

ною і пружною «аркою» — надійною опорою для прямоходіння. Кістки нижньої кінцівки з'єднані суглобами. Така конструкція поєднує міцність і рухливість, які потрібні для переміщення тіла та підтримання його рівноваги.

Висновки

1. Скелет людини поділяють на осьовий і додатковий.
2. Осьовий скелет включає череп, хребет, ребра та грудину.
3. До додаткового скелета належать кістки верхніх і нижніх кінцівок, а також кістки плечового і тазового поясів, що з'єднують його з осьовим скелетом.

Терміни і поняття

Осьовий і додатковий скелет, череп (мозкова і лицéва частини), хребет (хребетний стовп), хребці, відділи хребта (шийний, грудний, поперековий, крижовий, куприк), хребтовий канал, грудна клітка.

Контрольні запитання

1. Які відділи скелета становлять осьовий скелет? Які — додатковий?
2. Як побудований череп людини?
3. Який тип з'єднань кісток переважає у черепі і як це пов'язано з його призначенням?
4. Що таке хребетний канал і як він утворюється?
5. Порівняйте функції осьового і додаткового скелета. Що в них спільне? У чому полягають відмінності?
6. У чому полягають особливості будови нижніх і верхніх кінцівок?
7. Яка будова стопи людини?

Завдання

1. Проаналізуйте зміни, які відбулися в скелеті людини, коли вона перейшла до прямоходіння. Поясніть, у чому полягають основні пристосування опорно-рухової системи для прямоходіння.

2. Дізнаємося, як правильно сидіти за комп'ютером.

Проаналізуйте малюнок 6.13. На ньому проілюстровано, як правильно сидіти за комп'ютером. Яким має бути положення вашого тіла, як краще тримати руки й ноги? Які є вимоги до стільця і стола? Як часто потрібно робити перерви в роботі за комп'ютером? Чому вони потрібні і що краще робити під час таких перерв? Запишіть, запам'ятайте та головне — завжди виконуйте ці правила.

Мал. 6.13. Як правильно сидіти за комп'ютером

Для допитливих

Особливості першого і другого шийних хребців

Мал. 6.14. Атлас (атлант): міфологічний герой і перший хребець

Перший шийний хребець дістав персональну назву — атлас, адже в нього і роль особлива і дуже відповідальна — з'єднання черепа та хребта. У давньогрецькій міфології Атлант був одним із титанів. Він був приречений довічно підтримувати небосхил. Тому перший хребець і дістав назву — атлас (атлант), адже він усе життя мусить утримувати на собі вагу голови (*мал. 6.14*). Атлант-хребець із цією функцією добре справляється завдяки особливостям його будови. У нього практично немає тіла, зате з обох сторін у нього є бокові маси. На передній дузі цього хребця знаходиться суглобова ямка для з'єднання з особливим відростком — зубом — другого шийного хребця, який називається осьовим. Такі анатомічні особливості цих двох хребців дають змогу людині повертати голову догори, вниз та в різні боки.

§ 4. БУДОВА Й ФУНКЦІЇ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ. РОБОТА М'ЯЗІВ. ВТОМА М'ЯЗІВ

Ви дізнаєтесь про будову й функції скелетних м'язів; про те, як вони працюють і втомлюються; як їх тренувати та оберігати.

- Чи шкідлива фізична втома? Де в організмі людини немає м'язів? Які зміни відбуваються у м'язах під час їх тренування? Скільки в людини всього є м'язів? Скільки вони важать?

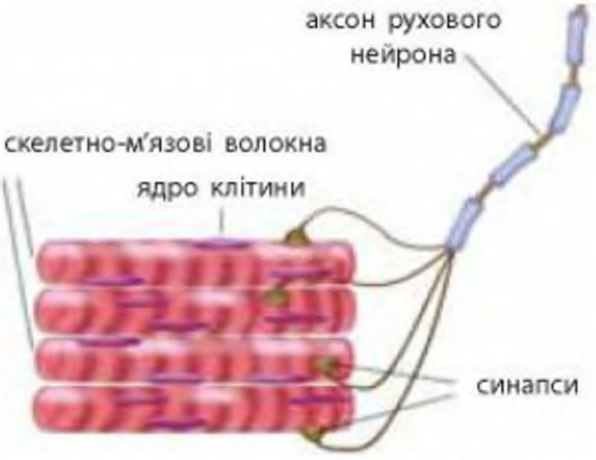
Будова й функції скелетних м'язів

Якщо кістки дають тілу опору, то скелетні м'язи дають йому силу й міць. Що ж таке м'язи? Спільною характеристикою всіх м'язів є їхня здатність до скорочення, в основі якої лежить переміщення особливих скоротливих міофіламентів, побудованих із білків *актину* і *міозину*. У порівнянні з непосмугованими (гладенькими) м'язами розміщення цих скоротливих елементів є більш чітко впорядкованим у скелетних і серцевому м'язах, де вони розташовані смугами, і тому такі м'язи називаються посмугованими (див. форзац — м'язова тканина).

Пусковим сигналом, що активує скорочення скелетного м'яза, є електричний імпульс, який надходить із нервової системи до кожної клітини скелетного м'яза по довгих відростках нейронів — аксонах (*мал. 6.15*). У місці їхнього контакту, що називаєть-

ся ***нервово-м'язовим з'єднанням*** (синапсом), виникає збудження м'язових клітин, що й запускає скорочення їх.

Такий тісний зв'язок з нервовою системою уможливлює всі наші довільні рухи — від кліпання повіками до ривка штанги. М'язи нагадують ляльок у театрі, де справжній ляльковик — наш мозок — залишається за кулісами. Під час втрати цього зв'язку з нервовою системою виникає ***м'язова слабкість*** і ***параліч*** (від грец. *paralysis* — розслабляти) — неможливість довільних рухів.



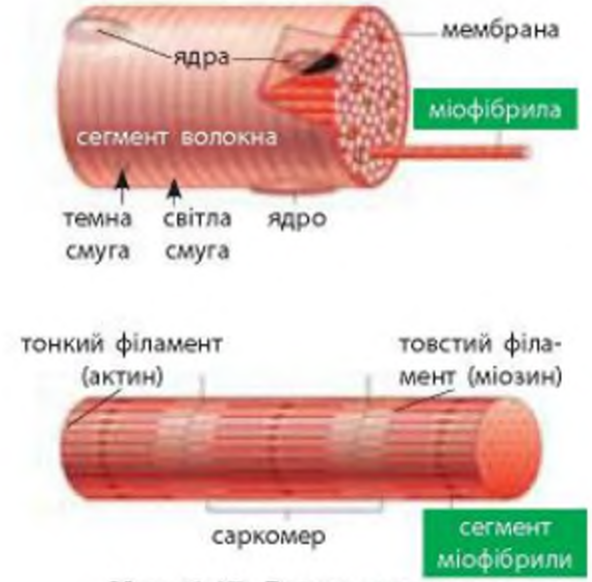
Мал. 6.15. Іннервація скелетно-м'язових волокон

Мал. 6.16. Будова скелетного м'яза

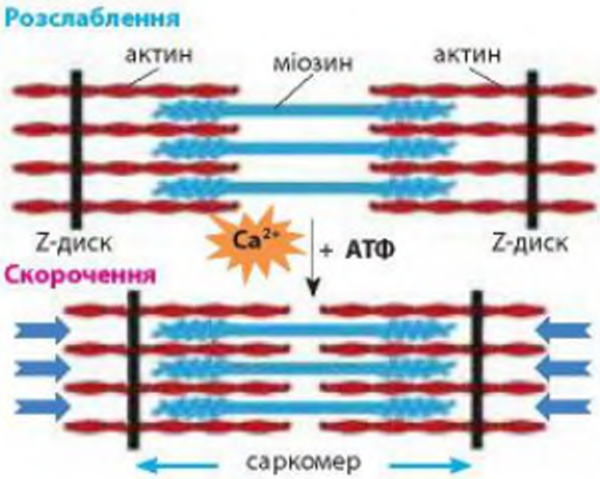
М'язові волокна (***міоцити***) — це тонкі, довгі, багатоядерні клітини діаметром 10–80 мкм. Під мікроскопом на перерізі скелетного м'яза можна побачити, що міоцити зібрані в пучки, які відокремлені один від одного оболонками зі власне сполучної тканини (*мал. 6.16*). Посередині кожне м'язове волокно утворює нервово-м'язове з'єднання з розширенням аксона (*мал. 6.15*), а на кінцях його поверхнева мембрана зливається з волокном сухожилля, яке кріпиться до кістки (*мал. 6.16*).

Як відбувається скорочення м'язового волокна?

М'язове волокно містить від кількох сотень до кількох тисяч ***міофібрил***, кожна з яких складається майже з 1500 товстих і 3000 тонких *філаментів* (від *англ. filament* — нитка). ***Товсті філаменти*** побудовані з молекул білка, що називається **міозин**, а ***тонкі філаменти*** — з іншого білка, що називається **актин** (*мал. 6.17*). Товсті і тонкі філаменти розташовані паралельно один до одного. Вони значною мірою перекриваються — у цих зонах формуються темні смуги. Навпаки, зони, де є лише тонкі філаменти, утворюють світлі смуги. У разі чергування цих зон формуються ***саркомери*** — елементарні скоротливі одиниці міоцитів (*мал. 6.18*).



Мал. 6.17. Будова саркомера



Мал. 6.18. Скорочення саркомера відбувається за рахунок «ковзання» товстих і тонких філаментів

Як саме тоді відбувається зменшення довжини окремого саркомера? Після отримання електричної «команди» для скорочення наступним ключовим етапом є раптове підвищення концентрації Кальцію в цитоплазмі міоцитів. Кальцій активує взаємодію між тонкими і товстими філаментами, які починають ковзати назустріч один одному, тому зона їх перекриття збільшується (*мал. 6.18*). У результаті такого ковзання довжина кожного саркомера зменшується, отже, зменшується і довжина всього м'язового волокна — м'яз скорочується. Енергію для взаємодії актинових і міозинових волокон постачає розщеплення АТФ.

Робота м'язів

Скорочення скелетних м'язів забезпечує виконання фізичної роботи. Кожне окреме волокно може або максимально скоротитися, або зовсім не скорочуватися. Це визначається нервовими імпульсами, що доходять до кожної клітини. Тому загальна сила скорочення м'яза визначається кількістю волокон, що отримали такий сигнал і скорочуються. Що їх більше, то більша і сумарна сила. Отже, різниця в силі різних м'язів пов'язана з їх товщиною. Чотириголовий м'яз стегна з площею перетину близько 100 см^2 може таким чином розвинути дуже значне зусилля. Під час фізичного тренування збільшується не кількість м'язових клітин, а кількість філаментів у кожній клітині, м'яз стає товщим, і його сила зростає.

Втома м'язів

Тривала або інтенсивна робота м'язів викликає їхню ***втому***. Дослідження показують, що втома майже прямо пропорційна

швидкості використання клітинами своїх енергетичних ресурсів (глікогену, глюкози, АТФ). Таким чином, втома — це наслідок вичерпання резервів енергії для скорочення. Звичайно, постачання кисню теж є дуже важливим для розщеплення глюкози й синтезу АТФ (тема «Дихання»), тому людина швидше втомлюється, якщо в неї є порушення функцій дихальної або серцево-судинної системи. Якщо кровопостачання працюючого м'яза припинити навіть на 1–2 хв, то виникає сильна втома м'яза. Під час недостатнього постачання кисню в м'язах також може накопичуватися молочна кислота як проміжний продукт метаболізму, і це викликає відчуття болю. Усі ці фактори спричиняють так звану ***метаболічну втому м'яза***, але існує ще й ***нейрональна втома***, що пов'язана з обмеженою здатністю нейронів до електричної активності. Незалежно від механізмів її розвитку втома — це одна з важливих фізіологічних захисних реакцій організму.

Висновки

1. М'язові волокна скелетних м'язів посмуговані. Темні смуги містять тонкі актинові і товсті міозинові міофіламенти, а світлі смуги — лише актинові міофіламенти.
2. М'язове волокно скорочується в результаті ковзання товстих і тонких міофіламентів у межах кожного окремого саркомера — елементарної скоротливої одиниці м'язового волокна.
3. Сигналом для взаємодії міофіламентів є підвищення концентрації Кальцію, а енергію для скорочення постачає АТФ.
4. Під час скорочення м'язи виконують роботу. Максимальна ефективність м'язів досягається, коли вони скорочуються з помірною швидкістю. Надмірна робота м'яза призводить до його втоми, що має захисне значення.

Терміни і поняття

Нервово-м'язове з'єднання, м'язове волокно (міоцит), міофібрила, тонкі (актинові) і товсті (міозинові) філаменти, саркомер, м'язова слабкість, параліч, робота м'язів, втома м'язів (метаболічна, нейрональна).

Контрольні запитання

1. Які є спільні і відмінні риси між м'язами різних типів?
2. Опишіть будову скелетного м'яза.
3. Що таке нервово-м'язове з'єднання?
4. У чому полягає роль Кальцію і АТФ у скороченні скелетного м'яза?
5. Що таке саркомер і як відбувається його скорочення?
6. Чому виникає втома м'яза?

Завдання

Проаналізуйте всі функції скелетних м'язів, зображених на малюнку 6.19. Зверніть увагу на положення тіла, верхні і нижні кінцівки. Опишіть ці функції.

Мал. 6.19. М'язи людини

Для допитливих

Мітохондрії-марафонці

Марафонці біжать декілька годин, щоб подолати відстань у 42 195 м. Як людині вдається бігти так довго? Дослідження показали, що під час тренувань у м'язових клітинах збільшується кількість мітохондрій, що забезпечує їх більшою кількістю енергії під час марафону (*мал. 6.20*). З іншого боку, під час старіння організму людини кількість мітохондрій зменшується, м'язи поступово втрачають силу скорочень і витривалість. Можливо, найбільш дивним є те, що фізичні вправи збільшують кількість мітохондрій не тільки в м'язових клітинах, а й у нейронах головного мозку!

Мал. 6.20. Фізичні навантаження і мітохондрії міоцитів

§ 5. ОСНОВНІ ГРУПИ СКЕЛЕТНИХ М'ЯЗІВ

Ви дізнаєтеся про основні групи скелетних м'язів; про те, що багато м'язів працюють у парі.

◆ Що таке м'яз-антагоніст; із ким або з чим він бореться? Ми чули, що кістки працюють, як важелі, але хотіли б знати: як саме це відбувається?

М'язи-антагоністи і м'язи-синергісти

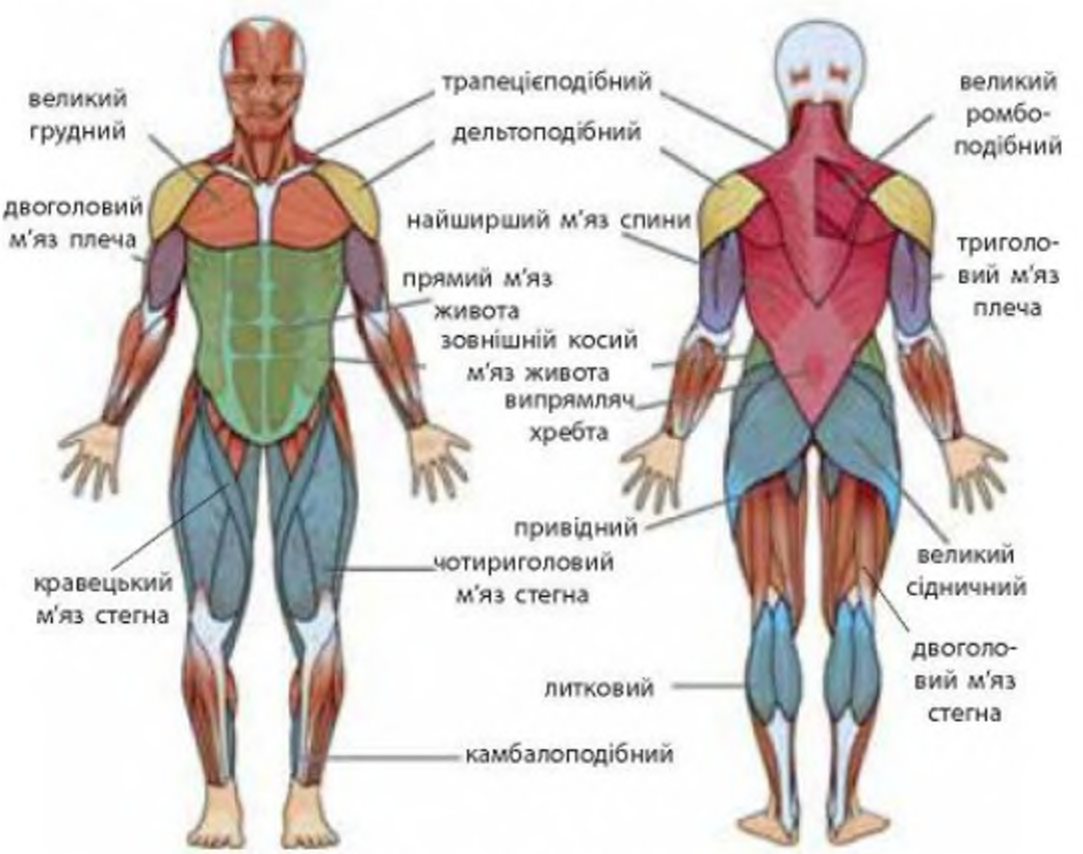
Спробуйте уважно простежити за роботою своїх м'язів, коли вони скорочуються. Що відбувається під час згинання або розгинання ноги? Під час інших рухів? Напевно, ви помітили, що під час скорочення одних м'язів виникає одночасне розслаблення інших. Інколи різні м'язи діють в одному напрямку, ніби допомагають один одному, але частіше вони діють у протилежних напрямках. Справа в тому, що кожен окремий м'яз може активно лише скорочувати-

ся — м'яз не вміє активно подовжуватися. Тому більшість рухів потребує співпраці різних м'язів, що переміщують кістку в тому чи іншому напрямку. Коли напрямки рухів під час скорочення м'язів протилежно спрямовані, то такі м'язи називаються ***антагоністами***. Прикладом є переміщення кінцівки — одні м'язи її згинають (***згиначі***), а інші — розгинають (***розгиначі***). Так працюють двоголовий (згинач) і триголовий (розгинач) м'язи (*мал. 6.21*). ***М'язи-синергісти*** (від грец. *synergos* — спільна робота, допомога) діють в одному спільному напрямку. Складні рухи є результатом узгоджених скорочень груп м'язів.

Мал. 6.21. Взаємодія м'язів-антагоністів

Основні групи скелетних м'язів

Важливо знати про основні ***групи м'язів*** тіла людини та їхні функції, оскільки це допоможе вам ефективно їх тренува-



Мал. 6.22. Основні скелетні м'язи та їхні групи

ти та розуміти призначення тих чи інших гімнастичних вправ. Ці групи м'язів показані різними кольорами на малюнку 6.22. Наприклад, великий грудний м'яз скорочується в разі штовхання предметів (наприклад, відкривання дверей), піднімання предметів над головою, лежачи на спині. М'язи живота працюють, коли ми сидимо прямо, підтримують вертикальне положення тіла, а також захищають внутрішні органи від механічних пошкоджень.

Якщо ви звернете увагу на різні кольори, то помітите, що групи м'язів загалом відповідають частинам скелета, адже вони належать до єдиної опорно-рухової системи (порівняйте *мал. 6.9* і *мал. 6.22*). Тому ми можемо розрізнити м'язи голови (жувальні та мімічні), спини і живота, верхніх і нижніх кінцівок. Крім того, існують м'язи, що забезпечують дихальні рухи (діафрагма і міжреберні м'язи) (тема «Дихання»). ***Мімічні м'язи*** для людини мають важливе значення, адже, змінивши вираз обличчя, ми можемо без слів продемонструвати власні емоції та почуття.

Скелетними м'язами утворені також деякі *сфінктери* — це отвори, діаметр яких ми можемо свідомо контролювати. Наприклад, один із двох сфінктерів анального отвору містить скелетно-м'язові волокна. До колови́х м'язів належить коловий м'яз ока, що змикає повіки людини.

Висновки

1. Більшість рухів потребує співпраці різних м'язів, що переміщують кістку в тому чи іншому напрямку.
2. М'язи-антагоністи під час скорочення забезпечують рухи в протилежних напрямках. М'язи-синергісти діють в одному спільному напрямку.
3. Складні рухи є результатом узгоджених скорочень груп м'язів.
4. Багато м'язів з'єднуються з кістками, які переміщуються в суглобі. Так формуються системи важелів для виконання рухів різних типів.

Терміни і поняття

М'язи-антагоністи, м'язи-синергісти, згиначі, розгиначі, групи м'язів, мімічні м'язи.

Контрольні запитання

1. Які м'язи забезпечують згинання і розгинання руки в ліктьовому суглобі?
2. Які основні групи м'язів ви знаєте?
3. За малюнком 6.22 назвіть основні м'язи тулуба. Які функції вони виконують?
4. Які м'язи забезпечують вертикальне положення тіла людини?
5. Які основні рухи і функції виконують литковий і камбалоподібний м'язи?

Завдання

Ваш комплекс вправ для ранкової гімнастики включає такі рухи:

• повороти голови зліва направо, і навпаки;

• махи руками, чергуючи їх: права — вгорі, ліва — внизу;

• вправи «ножиці» руками перед грудьми, обертальні рухи кистями рук;

• права рука на поясі, нахиляємося вправо, при цьому піднімаємо ліву руку над головою, потім повторюємо це з правою рукою;

• ступні ніг тримаємо разом, піднімаємося і опускаємося на носочках;

• присідання.

Проаналізуйте ваші рухи. Які м'язи та групи м'язів найбільше працюють під час виконання кожної з цих вправ? Результати аналізу наведіть у вигляді таблиці за аналогією з наведеним прикладом:

Вправа	Основний м'яз/група м'язів для її виконання
Ступні ніг тримаємо разом, піднімаємося і опускаємося на пальцях ніг	Литковий і камбалоподібний м'язи

Для допитливих

Це цікаво знати

1. Тіло людини має більш ніж 600 м'язів.
2. Щоб посміхнутися, потрібно напружити 17 м'язів, а щоб зробити похмурий вигляд обличчя — до 43.
3. М'язова маса втрачається значно повільніше, ніж її набувають шляхом тренування.
4. Найсильнішими м'язами, порівняно з роботою, яку їм потрібно виконувати, є м'язи, що рухають очні яблука людини. Ці м'язи мають 100-кратний резерв сили.
5. Скелетні м'язи поділяють на швидкі і повільні. Швидкі м'язи скорочуються швидко та зі значною силою, однак, вони швидко втомлюються. Вони ідеально підходять для анаеробних вправ, наприклад, ривка штанги. Повільні м'язи ефективно працюють під час аеробних (тема «Дихання») вправ, ці м'язи більш витривалі.

§ 6. ЗМІНИ ОПОРНО-РУХОВОЇ СИСТЕМИ ЛЮДИНИ З ВІКОМ

Ви дізнаєтеся про те, як ростуть і міцнішають кістки і м'язи людини.

◆ Чи містить «накачаний» м'яз більше м'язових клітин? Чому старенькі бабусі й дідусі стають нижчими на зріст? Чому в людей похилого віку переломи трапляються частіше? Які є викривлення хребта і як їм запобігти? Що таке «важка» і «легка» кістка? Як м'язи запам'ятовують послідовність рухів?

В опорно-руховій системі людини відбуваються постійні зміни

У новонародженої дитини всі кістки дуже м'які та гнучкі, адже інакше вона не змогла б з'явитися на світ. У ранньому дитинстві зростаються кістки черепа (заростає тім'ячко), у дитинстві і в

юнацькі роки кістки ростуть, розвиваються, зміцнюються м'язи. Скелет росте разом із вами до 20–25 років. Зміни відбуватимуться і далі, втім, вони вже не будуть настільки помітними.

Опорно-рухова система людини залишається динамічною протягом усього життя, тільки швидкість цих процесів із часом уповільнюється. Кістки постійно оновлюються (без цього неможливим було б їх зрощення після перелому), а фізичне навантаження на м'язи збільшує їх силу й розмір. Про м'язи існує вдалий вислів — «використовуй, інакше втратиш». Якщо людина тривалий час перебуває в лікарні (мало рухається), то в структурі її кісток відбуваються негативні зміни — вони втрачають Кальцій, а отже, і міцність. М'язова маса без руху теж зменшується. Навпаки, коли ми тренуємо наші м'язи, то, виявляється, кістки теж «тренуються», хоча вони і не збільшуються в розмірі. У відповідь на навантаження у внутрішній структурі кісток відбуваються зміни, спрямовані на їх зміцнення.

Ріст кісток

Протягом внутрішньоутробного розвитку плода сполучна тканина спочатку замінюється на хрящі, а далі починають формуватися кістки скелета. Наприкінці другого місяця вагітності більша частина скелета плода складається з хрящової тканини, а на 2–3-му місяці починається інтенсивне ***скостеніння скелета***, тобто процес заміни хрящів кістковою тканиною (*мал. 6.23*).

Цей процес продовжується в дитячому і підлітковому віці й завершується у 18–20 років із періодом статевого дозрівання людини. У цей час відбувається остаточне скостеніння ***пластинок росту*** — це зони, що містять хрящ, де відбувається ріст кістки. Тим самим процес формування кісток завершується — далі їхня довжина вже не може змінитися. Чи означає це, що всі процеси зміни кісток у цей період завмирають? Зовсім ні, адже кістка залишається динамічною системою. За формування кісткової тканини відповідають остеобласти, які діляться, оточують себе мінеральними речовинами і перетворюються в кісткові клітини — остеоцити. Кісткова тканина постійно формується остеобластами та руйнується остеокластами.

Мал. 6.23. Розвиток довгої кістки

Ріст довгих трубчастих кісток відбувається з обох боків — там, де знаходяться пластинки росту.

Мал. 6.24. Прояви рахіту

З віком деякі окремі кістки зрощуються і формують одну масивну кістку. Так відбувається з тазовою кісткою, яка повністю формується у віці 14–16 років. Ріст кісток у першу чергу контролюється гормонами (зокрема гормоном росту), втім, він також залежить від багатьох інших факторів. Особливо важливими є достатня кількість мінеральних речовин (зокрема Кальцію і Фосфору) та вітаміну D, який є важливим регулятором гомеостазу Кальцію. Тому під час його нестачі в дітей виникає ***рахіт*** (*мал. 6.24*), а в дорослих страждає мінералізація кісток. Ріст кісток посилюється під впливом фізичних навантажень, але вони мають бути не надвеликими. Крім того, фізичні вправи покращують внутрішню структуру кісток, а отже, і їхні механічні властивості.

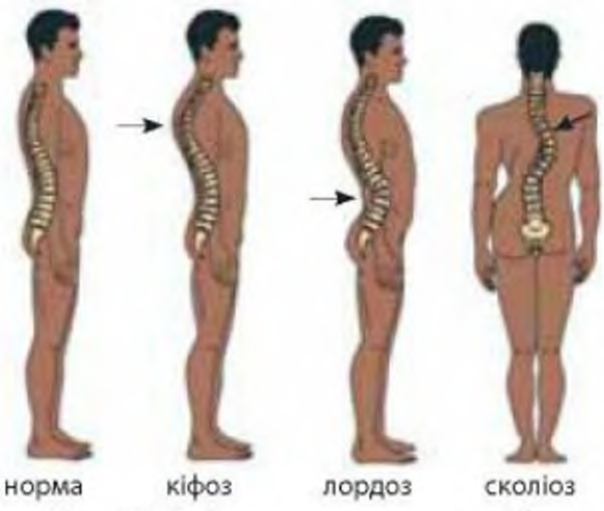
Як зростаються кістки?

Кістки скелета міцні, але інколи під час невдалого падіння або сильного удару вони все ж таки ламаються. Завдяки постійному оновленню кістка сама себе «лікує». Отже, при переломах кісток важливо надати першу допомогу — знерухомити кістку в місці ушкодження і викликати швидку медичну допомогу. За допомогою рентгенівських знімків лікар добре бачить усі проблеми, пов'язані з кістками. Найчастіше знерухомлення досягають накладанням гіпсової пов'язки, але інколи потрібні складніші пристосування. Відновлення кістки дещо нагадує її розвиток, тільки у зворотному порядку. Спочатку в місці перелому формується кістковий мозоль, клітини окістя замінюються на хрящ, відновлюються кровоносні судини, а остеобласти починають активно утворювати нові остеоцити. З часом відбувається скостеніння кісткового мозоля, а остеокласти руйнують стару тканину.

Вікові зміни опорно-рухової системи людини

Кістки в різних людей відрізняються щільністю, шириною і міцністю. Утім, незалежно від індивідуальних особливостей людини з віком починають втрачатися як органічні, так і неорганічні речовини кісток — розвивається *остеопороз*. Тому кістки стають більш пористими і крихкими. Основним покажчиком таких змін є зменшення щільності, а отже, і маси кісток (*мал. 6.25*). Під час таких змін виникають порушення функції опорно-рухового апарату, болі, зростає ризик переломів кісток. На жаль, сучасна медицина не може ефективно боротися з такими віковими змінами. Але давайте уважно подивимося на малюнок 6.25. Ми бачимо, що максимум маси (або щільності) кісток досягається у віці близько 30 років, а далі відбувається її поступовий спад. Швидкість

Мал. 6.25. Зміна маси кісток тіла з віком людини



Мал. 6.26. Види викривлення хребта

спаду в усіх людей майже однакова, і тому має значення, з якого рівня цей спад починається. Якщо людина до 30 років максимально зміцнила кістки свого скелета, то і вікові зміни будуть її менше турбувати. Щільність кісток визначається як індивідуальними (спадковими) особливостями, так і багатьма іншими факторами. Раціональне харчування, фізична активність, здоровий спосіб життя — усе це корисно для кісток людини.

З віком (а інколи і в молодих людей) можуть виникати порушення опорно-рухового апарату, які характеризуються викривленням хребтового стовпа в той чи інший бік. ***Сколіоз*** — це бокове викривлення. За *кіфозу* та *лордозу* виникають викривлення хребта назад або вперед, зазвичай у місцях фізіологічних вигинів хребта (порівняйте *мал. 6.26* із *мал. 6.11*).

За таких порушень, крім косметичних дефектів, можуть страждати органи грудної порожнини. У людей похилого віку виникає старечий кіфоз (тобто може формуватися горб) як наслідок поступових негативних змін тканини міжхребцевих дисків, самих хребців та слабкості м'язів.

Зміни у скелетних м'язах

Напевно, вас найбільше цікавить питання: що саме відбувається з м'язами людини під час тренування? Зовні це виглядає як збільшення м'яза, отже, кількість м'язових волокон під час тренування має збільшуватися? Насправді це не так, адже кількість клітин не змінюється. Утім, вони стають товщими, міцнішими, у них збільшується кількість актинових і міозинових філаментів, мітохондрій, що забезпечують енергією скорочення м'яза, покращується постачання крові.

М'язи треба тренувати, але при цьому їх варто оберігати від надмірних навантажень і травм. Різкі рухи, надто високий темп вправ можуть спричинити розриви м'язових волокон та викликати біль.

Як і в кістках, у скелетних м'язах із віком відбуваються певні зміни. У молодому віці у фізично здорової і активної людини приблизно 40 % маси тіла складають скелетні м'язи (ще майже 10 % маси припадає на гладенькі та серцевий м'язи). З віком їх кількість зменшується, частково м'язи замінюються жировою тканиною. Люди похилого віку втрачають до половини початкової кількості м'язової тканини. Цей процес називається ***атрофія м'язів*** — як процес, протилежний процесу нарощування м'язової маси — ***гіпертрофії м'язів***.

Висновки

1. Тканини кісток оновлюються протягом усього життя, причому саме у підлітковий період відбувається найінтенсивніший ріст кісток.
2. Довгі кістки ростуть приблизно до 20–25 років завдяки хрящовим пластинкам росту.
3. Щільність кісток досягає максимуму у віці 30–35 років, а далі поступово зменшується.
4. Проблеми з опорно-руховою системою включають переломи кісток, рахіт, остеопороз, викривлення хребтового стовпа, атрофію м'язів.

Терміни і поняття

Пластинки росту, ріст кісток, скостеніння скелета, рахіт, сколіоз, кіфоз, лордоз, атрофія і гіпертрофія м'язів.

Контрольні запитання

1. Які зміни відбуваються у скелеті плода, дитини, підлітка?
2. Які зміни кісток відбуваються під час старіння людини?
3. Опишіть процес зростання кістки після її перелому.
4. Які зміни відбуваються у скелетних м'язах і кістках, якщо регулярно виконувати фізичні вправи?

Завдання

Як правильно піднімати важкі предмети?

Уважно роздивіться малюнок 6.27. Для кожного варіанта піднімання важких предметів намалюйте схему розподілу навантаження на кістки та м'язи тіла людини. Поясніть, як правильно піднімати важкі предмети, щоб не завдати шкоди скелетним м'язам.

Мал. 6.27. Правильність піднімання важких предметів

Для допитливих

Остеопороз

Здорова кістка Остеопороз

Мал. 6.28. Зміна структури кістки при остеопорозі

У людей похилого віку часто виникає таке захворювання, як остеопороз. Міцність їхніх кісток зменшується, що підвищує ризик переломів. Особливо страждають стегнова кістка і кульшовий суглоб. Відбувається це тому, що порушується нормальний баланс між руйнуванням кісткової тканини остеокластами і її заміною на нову тканину остеобластами. Тобто процеси утворення нової тканини починають відставати від процесів руйнації старої тканини. У структурі кістки відбувається ряд негативних змін — зменшується кількість перетинок, тому вона стає більш пористою. Кістка втрачає мінеральні сполуки, вміст яких в основному і визначає її щільність і міцність (*мал. 6.28*). Найчастіше це захворювання виникає у жінок старше 50–55 років унаслідок вікових гормональних зрушень, а в більш похилому віці від нього однаково страждають і жінки, і чоловіки.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли значення опорно-рухової системи і знаємо всі її функції.
2. Ми запам'ятали, що кістки — це динамічна система, у якій постійно відбувається руйнація старої і утворення нової тканини.
3. Ми довідались, як побудовані кістки і м'язи людини.
4. Ми дізналися, що під час багатьох наших рухів кістки і м'язи працюють за принципом важелів, і що є м'язи-антагоністи і м'язи-синергісти.
5. Ми усвідомили, які зміни відбуваються в кістках і м'язах під час виконання регулярних фізичних вправ, а також що їх треба берегти і надмірно не навантажувати.

Знаю — вмію

- Я вмію показати на муляжах і діаграмах основні кістки та м'язи людини.
- Я знаю, що посмугований м'яз — один із трьох типів м'язової тканини.
- Я знаю, що кістки мають тканини двох типів — губчасту і щільну, або компактну.
- Я знаю, що скелет людини поділяється на осьовий і додатковий.
- Я знаю, що скелет, окрім опори, виконує важливі захисні функції.
- Я знаю, як побудований хребетний стовп людини.
- Я знаю будову суглобів і яким чином вони забезпечують міцне й водночас рухоме з'єднання кісток.
- Я знаю й інші типи з'єднання кісток.
- Я знаю основні групи скелетних м'язів і як окремі м'язи забезпечують ті чи інші рухи тіла людини.
- Я знаю, які вікові зміни відбуваються в кістках і м'язах.
- Я знаю, як відбувається процес скорочення м'язів і яким саме чином вони стають міцнішими під час регулярних фізичних тренувань.
- Я знаю, чому виникає втома м'яза, і що вона має захисне значення.
- Я вмію пояснити особливості скелета людини, що пов'язані з прямоходінням.

ЗВ'ЯЗОК ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ІЗ ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ. НЕРВОВА СИСТЕМА

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- про основні відділи нервової системи, як вони взаємодіють між собою і які функції виконує кожен з них;
- як працюють нерви і як виникають і розповсюджуються електричні імпульси в нашому тілі;
- як мозок отримує інформацію та надсилає сигнали іншим органам;
- як працюють і якими бувають рефлекси

§ 1. НЕЙРОН. РЕФЛЕКС. РЕФЛЕКТОРНА ДУГА

Ви дізнаєтеся про найдовші клітини в тілі людини — нейрони, про те, як вони отримують, обробляють і передають інформацію в нашому організмі за допомогою електричних і хімічних сигналів та як вони допомагають уникати повсякденної небезпеки за допомогою рефлексів.

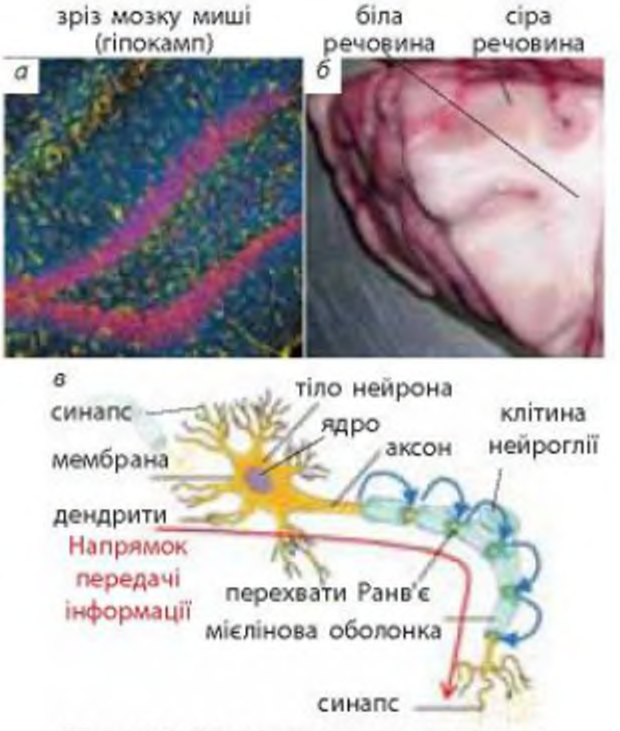
◆ Які сигнали керують рухами рук, ніг, язика? Як клітини нашого тіла постійно обмінюються інформацією за допомогою електричних імпульсів? Для чого лікар стукає молоточком нижче коліна?

Взаємодія людини із зовнішнім середовищем

Нервова система — це система сприйняття, аналізу й передавання інформації, яка забезпечує відповідь на зовнішні і внутрішні стимули шляхом генерування і розповсюдження електричних сигналів. Щоб отримати краще уявлення, як вона працює, звернемося до добре відомого прикладу — комп'ютера. Комп'ютери оснащені різними пристроями вводу (миша, клавіатура, сенсорний екран), за допомогою яких до них надходить інформація — аналогічно нашим рецепторам. Далі електричними мережами ця інформа-

Мал. 7.1. Мозок працює як комп'ютер — отримує й аналізує інформацію, ухвалює рішення і посилає команди всім клітинам організму

ція надходить у системний блок, що містить основні компоненти — центральний процесор і пам'ять, і де за допомогою програм ця інформація аналізується — аналогічно роботі головного мозку. І нарешті процесор посилає інструкції до пристроїв виводу, які друкують сторінки тексту, відтворюють звук тощо — аналогічно тому, як за командою мозку відбувається скорочення наших м'язів (*мал. 7.1, а, б*).



Мал. 7.2. Нервові тканини і клітини: *а*) такий вигляд має зріз мозку миші в зоні гіпокампа (частина мозку, що є дуже важливою для пам'яті) під мікроскопом: синій колір — дендрити нейронів, жовтий — нейроглія, рожевий — ядра клітин; *б*) зріз головного мозку, на якому можна легко розрізнити сіру (тіла нейронів, дендрити) і білу (аксони) речовину; *в*) будова нейрона

Таким чином, функція нервової системи полягає у забезпеченні взаємодії організму з навколишнім середовищем шляхом координації й узгодження функцій окремих клітин і органів. Нервова система людини інтегрує (тобто обробляє і поєднує) всю доступну інформацію як із навколишнього середовища, так і від різних органів; виробляє оптимальну програму дій — постійно виконує притаманну їй ***інтегративну функцію***. Коли людина грає на піаніно, її зорова система передає «ідеальний» образ нот в особливий відділ мозку, що називається зоровою корою. Інший відділ мозку — моторна кора — забезпечує чіткі рухи пальців рук, у той час як слухова кора контролює відповідність музичного звучання нотам твору (*мал. 7.1, в*). Спробуйте тепер самостійно проаналізувати, яким чином водій зупиняє автомобіль, щоб пішоходи могли перейти дорогу (*мал. 7.1, г*).

Будова і функція нейрона

Нервова тканина (див. форзац) містить клітини двох основних типів — *нейрони* і *клітини нейроглії*. Термін «глія» запропонував німецький фізіолог Р. Вірхов, і буквально він означає «клей». Нейроглія ніби «склеює» нервову тканину, підтримує і живить нейрони (*мал. 7.2, а*). Нейрони мають тіло, де розміщено ядро, та відростки. Одні з цих відростків призначені для отримання вхідних сигналів і називаються ***дендрити***. Інший відросток — ***аксон***, передає електричні імпульси від тіла нейрона до інших нейронів або до клітин інших типів (м'язові, секреторні тощо). Кожен нейрон

Мал. 7.3. Схема синапсу

має лише один аксон, який може розгалужуватися і посилати електричні сигнали одночасно до кількох клітин-мішеней. Таким чином, потік інформації відбувається в одному напрямку — від дендритів до тіла нейрона, і далі — по аксону (*мал. 7.2, в*).

У чутливих нейронах електричні сигнали в дендритах виникають у результаті активації різноманітних мембранних рецепторів. Між нейронами інформація передається через особливе утворення — ***синапс*** (від грец. *sunapsis* — з'єднання) (*мал. 7.3*). У цьому місці електричний сигнал не може передаватися між нейронами, тому що їх плазматичні мембрани розділені зазором — ***синаптичною щілиною***. Натомість він передається хімічним шляхом за допомогою молекул нейропередатчиків. Нейропередатчик вивільнюється із закінчень одного нейрона у момент надходження електричного імпульсу, швидко проникає крізь синаптичну щілину і взаємодіє зі специфічними для кожного нейропередатчика рецепторними білками на мембрані іншого нейрона (*мал. 7.3*).

«Типовий» нейрон може мати від 1 до 10 тис. синапсів, а деякі — близько 200 тис. Саме слово «дендрит» буквально означає дерево (від грец. *déndron*) (*мал. 7.4*). Хімічна передача сигналу в синапсах забезпечує його проходження лише в одному напрямку. Якби в нейрональних мережах сигнали могли передаватися в усіх можливих напрямках, як це було під час простих електричних контактів між клітинами, то в мозку виник би справжній хаос електричної активності!

Мал. 7.4. Деякі нейрони мають дуже великі дендритні дерева

Кількість нейронів у мозку людини оцінюється у 85–100 млрд, а кількість синаптичних контактів між ними — у 150–1000 трильйонів. Для порівняння, кількість транзисторів у сучасних процесорах комп'ютерів (це окремі елементи, від яких залежить їх швидкодія) досягає лише 1,7 млрд.

Розрізняють нейрони трьох основних типів:

- ***чутливі***, якими інформація надходить до ЦНС, і тому їх ще називають ***доцентрові нейрони*** — їх тіла містяться за межами ЦНС;

• ***вставні***, за допомогою яких інформація передається від одних нейронів до інших;

• ***рухові***, або ***відцентрові***, — вони передають інформацію клітинам-виконавцям (зокрема це рухові, або мотонейрони, які керують роботою м'язів).

Як швидко нейрони передають інформацію?

Якщо ви уважно розглянули малюнок 7.2, в, то, напевно, звернули увагу на особливі утворення на аксоні нейрона, які мають вигляд маленьких циліндрів. Вони утворюються клітинами глії одного типу. Цей процес нагадує обмотування аксона ізоляційною стрічкою. Роль ізоляції відіграє особлива жироподібна речовина — **мієлін**. На відміну від ізоляції звичайного електричного провода у мієліновій оболонці є розриви, що називаються **перехватами Ранв'є**. Електричний струм не може протікати через ділянки, що ізольовані мієліном, тому електричний імпульс «стрибає» між перехватами Ранв'є. Такі розриви розташовані на відстані приблизно 1 мм, а їхня довжина становить лише 2 мкм. За рахунок стрибків електричні імпульси розповсюджуються мієлінованими нервовими волокнами у десятки разів швидше порівняно з волокнами без мієліну. Найшвидше нервові імпульси проходять аксонами рухових нейронів до скелетних м'язів (120 м/с).

Мієлінова оболонка має білий колір, тому ті зони мозку, що містять переважно аксони, називають білою речовиною, а інші зони, що містять переважно тіла і дендрити нейронів, — сірою речовиною (***мал. 7.2, б***).

Рефлекс і рефлекторна дуга

Зі «Вступу» ви вже дізналися, що в основі нервової регуляції лежить рефлекс. ***Рефлекси*** забезпечують швидку, позасвідому реакцію на подразник. Шлях, який проходить нервовий імпульс під час здійснення рефлексу, називається ***рефлекторною дугою*** (див. «Вступ»). Він починається від рецепторів і закінчується робочим (ефекторним) органом, що автоматично виконує певну дію у відповідь на подразнення рецепторів. Рефлекторні дуги можуть включати два або більше нейронів. Один з найбільш відомих рефлексів — колінний. Удар молоточка лікаря по сухожиллю під наколінком активує чутли-

Мал. 7.5. Схема дії сухожильного рефлексу

вий нейрон, що викликає скорочення м'яза-розгинача й одночасне розслаблення згинача (*мал. 7.5*). Рефлекторна дуга розгинача має два нейрони — чутливий і руховий. Дуга згинача має три нейрони — збудження від чутливого нейрона через синапс передається до вставного нейрона, збудження якого, теж через синапс, пригнічує електричну активність рухового нейрона. Таким чином забезпечується узгодженість скорочення і розслаблення цих м'язів-антагоністів (тема «Опора і рух»). Щоб відбулося рефлекторне розгинання ноги в коліні, усі ланки рефлекторної дуги мають бути неушкодженими. Так лікар легко перевіряє стан спинномозкових рефлексів пацієнта.

Ви зараз ознайомилися з так званими безумовними, або вродженими, рефлексами — це свого роду «запрограмовані» відповіді на ті чи інші подразники. Є ще умовні рефлекси, які можуть формуватися та згасати протягом життя. Це вже прояви вищої нервової діяльності за участі головного мозку людини, про які ми поговоримо пізніше.

Висновки

1. Нервова система виконує функції сприйняття, аналізу й передачі інформації. Тим самим вона відіграє ключову інтегративну роль в організмі.
2. Нейрони мають тіло, від якого відходять численні розгалужені дендрити для сприйняття сигналів, і один аксон — для передачі сигналів іншим нейронам або клітинам-мішеням. Інформація завжди передається в напрямку від дендритів до аксона.
3. Нейрони спілкуються за допомогою синапсів, де відбувається хімічна передача сигналів.
4. Рефлекторна відповідь виникає за допомогою рефлекторної дуги, яка включає п'ять основних елементів: рецептор, чутливий нейрон, вставний нейрон, руховий нейрон і робочий (ефекторний) орган.

Терміни і поняття

Інтегративні функції нервової системи, дендрит, аксон, синапс, синаптична щілина, чутливі (доцентрові) і рухові (відцентрові) нейрони, вставний нейрон, мієлін, рефлекс, рефлекторна дуга, перехват Ранв'є.

Контрольні запитання

1. Які структури нейронів утворюють сіру речовину мозку, а які — білу?
2. Порівняйте аксони і дендрити.
3. Які функції нейроглії?
4. Які є види нейронів за функцією? Яка послідовність їх розміщення у рефлекторній дузі?
5. Як відбувається передача інформації у синапсі?
6. Яка частина нейрона передає електричний сигнал до клітини-мішені: дендрити, тіло нейрона, аксон.
7. У мозку більша кількість нейронів чи синапсів? Яке це має значення?

Завдання

Поясніть, як будова нейрона пов'язана з його функціями (не забудьте вказати, чому нейрони мають стільки відростків і переважно довгий аксон).

Для допитливих

Природа «тваринної» електрики довгий час залишалася таємницею. Розкрити її допоміг гігантський аксон кальмара. Він не має мієлінової оболонки, а щоб прискорити передачу електричних сигналів, природа пішла іншим шляхом — збільшила його діаметр майже до 1 мм! Англійські вчені А. Ходжкін і А. Хакслі використали цей унікальний об'єкт для своїх електрофізіологічних експериментів. Великий розмір аксона дав змогу їм вставляти тоненькі металеві електроди всередину аксона і за допомогою чутливих приладів реєструвати невеличкі потенціали й струми через мембрану аксона (*мал. 7.6*). На малюнку ви бачите реєстрацію потенціалу дії аксона (крива справа), яку було зроблено понад 65 років тому. Виявилося, що його висхідна фаза зумовлена надходженням у клітину Натрію, а низхідна фаза — витоком із клітини Калію. За ці дослідження в 1963 р. вчені отримали Нобелівську премію в галузі фізіології та медицини.

Мал. 7.6. Реєстрація електричних сигналів у гігантському аксоні кальмара

§ 2. БУДОВА НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ. ЦЕНТРАЛЬНА І ПЕРИФЕРИЧНА НЕРВОВА СИСТЕМА ЛЮДИНИ

Ви дізнаєтеся, що нервова система включає багато різних структур, які тісно спілкуються між собою спільною мовою електричних і хімічних сигналів.

- Як побудована нервова система людини? Чи може людина свідомо контролювати всі прояви нервової діяльності? Для чого шлунку нерви? Що міститься всередині нерва?

Основні відділи нервової системи

Нервова система людини складається з кількох відділів, які тісно пов'язані між собою і загалом функціонують сукупно. У межах нервової системи ми перш за все можемо розрізнити її центральний і периферичний відділи (*мал. 7.7*). ***Центральна***

Мал. 7.7. Загальний план будови нервової системи

нервова система (*ЦНС*) включає ***головний*** і ***спинний мозок. Периферична нервова система*** (*ПНС*) з'єднує ЦНС з усіма іншими частинами тіла й включає нервові вузли, або ганглії (від грец. *gaglion* — потовщення, вузол), і нерви.

Ганглій — це скупчення нейронів і клітин нейроглії, які лежать поза ЦНС і часто оточені спільною оболонкою зі власне сполучної тканини (*мал. 7.8*). Його функцію можна порівняти з телефонною станцією, що перемикає сигнали між різними частинами нервової системи — одні відростки нейронів увіходять до ганглія, а інші з нього виходять.

Нерв утворює спільний для багатьох нейронів шлях іннервації окремих органів. Він нагадує електричний кабель, що містить велику кількість окремих «дротів» — аксонів нейронів. Як сам нерв, так і групи окремих аксонів укриті оболонками із власне сполучної тканини (*мал. 7.9*). По нервах сенсорна інформація від різних органів і частин тіла надходить до ЦНС, і саме ними електричні «команди» передаються у зворотному напрямку. Розрізняють 12 пар черепномозкових нервів (позначаються римськими цифрами від I до XII) і 31 пару спинномозкових нервів (*мал. 7.7*). Функціонально нерви поділяються на чутливі (містять лише аксони чутливих нейронів), рухові (містять лише аксони рухових нейронів) і змішані (з волокнами обох типів).

Поділ нервової системи на ЦНС і ПНС базується на анатомічних особливостях, і є дещо умовним, адже в межах єдиної системи часто важко відокремити одні елементи від інших (наприклад, тіло рухового нейрона знаходиться у ЦНС, а його аксон, що проходить у складі нерва, належить до ПНС). З іншого боку, в межах ПНС теж розрізняють два її відділи — ***соматичну нервову систему*** (*СНС*) і ***автономну нервову систему*** (*АНС*), структурні й функціональні особливості яких є більш чіткими.

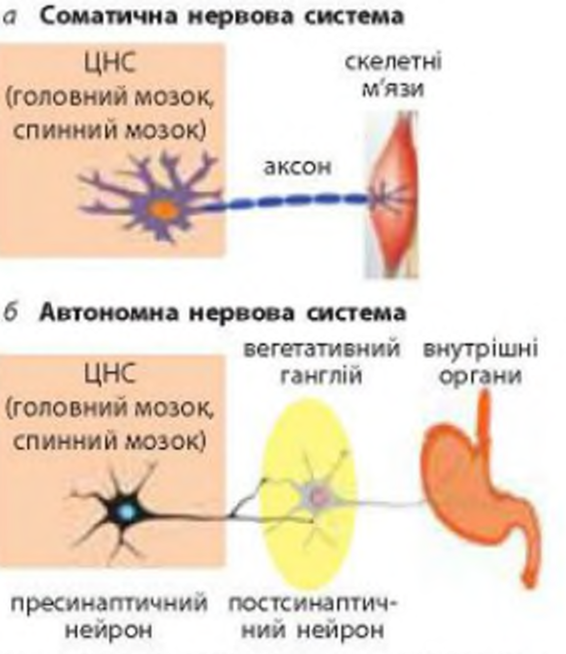
Мал. 7.8. Зріз нервового ганглія під мікроскопом

СНС включає як чутливі нейрони, які сприймають інформа-

цію і передають її в ЦНС, так і рухові нейрони, що виробляють та передають «команди» для скорочення скелетних м'язів. Тіла рухових нейронів знаходяться в моторних центрах ЦНС, у головному або спинному мозку, а їхні аксони проводять електричні імпульси безпосередньо до скелетном'язових волокон (*мал. 7.10, а*). СНС перебуває під нашим свідомим контролем, адже ми можемо робити рухи довільно.

АНС забезпечує регуляцію функцій усіх внутрішніх органів людини, зокрема вона регулює роботу серця, гладеньких м'язів і залоз внутрішньої секреції. Тому її ще називають ***вегетативною нервовою системою***. Сама її назва «автономна» підкреслює той факт, що ця регуляція відбувається мимовільно, без нашого свідомого контролю. АНС включає три різні, але тісно пов'язані системи — ***симпатичну, парасимпатичну*** й ***ентеральну нервові системи***. Детальніше ми розглянемо їх пізніше.

Мал. 7.9. Будова нервів подібна до будови електричних кабелів



Мал. 7.10. Шляхи передачі «командних» сигналів в СНС (а) і АНС (б)

В автономній нервовій системі, на відміну від соматичної, у передаванні «командних» сигналів від ЦНС до органів-мішеней беруть участь особливі нервові вузли — *вегетативні ганглії*. На цьому рівні відбувається переключення сигналу за допомогою вже відомого вам синапсу з так званого ***пресинаптичного нейрона*** до ***постсинаптичного нейрона***, що дозволяє його додаткову регуляцію (*мал. 7.10, б*). Пресинаптичний нейрон знаходиться в головному або спинному мозку, тобто в ЦНС, а постсинаптичний нейрон, який відповідає за іннервацію того чи іншого внутрішнього органа, — у вегетативному ганглії (*мал. 7.10, б*).

Висновки

1. Центральна нервова система включає головний і спинний мозок, вона контролює всі свідомі й підсвідомі процеси й дії.
2. Периферична нервова система поділяється на дві частини — соматичну нервову систему та автономну нервову систему.

3. Соматична нервова система включає як чутливі нейрони, так і рухові нейрони, що контролюють скорочення скелетних м'язів. Їхні функції перебувають під свідомим контролем людини.
4. Автономна (вегетативна) нервова система мимовільно регулює функції всіх внутрішніх органів людини і метаболізм цілого організму. Вона включає симпатичну, парасимпатичну й ентеральну нервові системи.

Терміни і поняття

Центральна нервова система, головний і спинний мозок, периферична нервова система, соматична й автономна (вегетативна) нервова система, симпатична, парасимпатична й ентеральна нервові системи, ганглій, нерв, пре- і постсинаптичний нейрони.

Контрольні запитання

1. Який термін застосовується для пучка аксонів, оточених спільною оболонкою зі сполучної тканини: ядро, ганглій, нерв, шлях?
2. Нейрони якої частини нервової системи мають найкращий механічний захист?
3. Поясніть відмінності між центральною і периферичною нервовими системами.

Завдання

Опишіть будову й функції периферичної нервової системи, зокрема її відділів.

§ 3. СПИННИЙ МОЗОК

Ви дізнаєтеся про першого й надійного помічника головного мозку, який безпомилково постачає йому інформацію й розсилає його команди по всьому тілу.

◆ Що міститься всередині хребта? Як ми рухаємося? Чи можна свідомо контролювати свої рефлекси? Як діти вчаться користуватися горщиком?

Зазирнемо всередину хребта

Спинний мозок значно коротший (довжина 43–45 см, маса — 35–40 г), ніж хребет людини (довжина приблизно 70 см), усередині якого він міститься і який забезпечує його механічний захист. Спинний мозок поділяється на ***відділи***, що загалом відповідають відділам хребта (тема «Опора і рух»). Відділ, що безпосередньо прилягає до стовбура головного мозку, називають ***шийним***, далі розміщені ***грудний***, ***поперековий*** і, нарешті, ***крижовий відділи***. Кожна пара спинномозкових нервів (31 пара) забезпечує іннерва-

цію певних частин тіла. Наприклад, до сфери впливу восьми пар спинномозкових нервів шийного відділу належать голова, шия і верхня частина тулуба, у тому числі діафрагма. Згадайте ключову роль діафрагми в диханні людини (тема «Дихання»), і ви зрозумієте, чому травми спинного мозку в шийному відділі часто мають летальні наслідки.

Спинний мозок покритий трьома оболонками сполучної тканини і омивається спільною з головним мозком спинномозковою рідиною, загальний об'єм якої у дорослої людини становить 125–150 мл. Це — видовжена структура з порожниною в центрі.

Будова і функції спинного мозку

Спинний мозок нагадує автомагістраль із двостороннім рухом. По ньому проходять як нервові імпульси, що несуть інформацію від різних ділянок і органів тіла до головного мозку, так і рухові сигнали від головного мозку у зворотному напрямку (*мал. 7.11*).

Хоча спинний мозок і міститься в мозкових оболонках і кістках хребта, він має можливість отримувати і посилати сигнали до організму спинномозковими нервами. У поперечному перерізі спинний мозок має вигляд білого овалу, усередині якого знаходиться сірий «метелик» — передні і задні роги сірої речовини (*мал. 7.11*). Аксони складають білу речовину, а нейрони і глія — сіру речовину. Аксони чутливих нейронів, тіла яких знаходяться в ***гангліях задніх корінців***, входять у спинний мозок через його ***задні (чутливі) корінці***. Через задні корінці спинного мозку в основному і передається сенсорна інформація від тіла до мозку.

Аксони рухових нейронів виходять через ***передні (рухові) корінці*** й передають сигнали від мозку. Наприклад, руховий нейрон, активація якого спричиняє скорочення великого пальця ноги, знаходиться у крижовому відділі спинного мозку. Довжина такого аксона — приблизно 1 м, а для забезпечення усім необхідним такого довгого аксона потрібне велике тіло нейрона, тому ці нейрони — одні з найбільших клітин нашого тіла.

Мал. 7.11. Поперечний переріз спинного мозку

Таким чином, задня частина спинного мозку спеціалізується на забезпеченні в основному чутливих функцій, а передня — рухових.

Біла речовина спинного мозку поділяється на пучки аксонів, або їх шляхи. ***Висхідні шляхи*** спинного мозку передають сенсорну інформацію до мозку, а його ***низхідні шляхи*** передають «команди» від нейронів ЦНС до виконавчих органів.

На рівні спинного мозку замикаються рефлекторні дуги соматичних рефлексів. Хоча виконання рефлекторного руху потребує як мінімум 1–2 синапси у ЦНС, як у вже розглянутому колінному рефлексі (*мал. 7.5*), синапси за участі додаткових вставних нейронів одночасно посилають сенсорну інформацію до головного мозку, щоб повідомити, що саме відбулося (у цьому випадку нога різко розігнулася в коліні). Підкреслимо, що цей шлях довший, і тому передача й усвідомлення цієї інформації відбуваються із затримкою.

Чи можна свідомо контролювати рефлекси? І так, і ні. Навряд чи комусь удасться не моргнути оком, коли в нього щось потрапило. Під час розтягнення прямої кишки каловими масами ініціюється рефлекторне спорожнення кишечника. Але навколо анального отвору є сфінктер, що містить скелетно-м'язові волокна, і малюки з часом навчаються ним користуватися, щоб відкласти цю дію до зручного моменту. Рефлекс чхання інколи вдається призупинити до початку дії, але неможливо зупинити, коли він уже розпочався.

Висновки

1. Спинний мозок складається з шийного, грудного, поперекового та крижового відділів.
2. Спинний мозок — це основний шлях для нервових сигналів між периферичною нервовою системою і головним мозком.
3. Сенсорна інформація від тіла до мозку передається через задні (чутливі) корінці. Через передні (рухові) корінці передаються сигнали від мозку, що контролюють рухи.
4. Спинний мозок забезпечує виконання рефлекторних рухів людини, адже на його рівні замикаються рефлекторні дуги багатьох рефлексів.

Терміни і поняття

Відділи спинного мозку (шийний, грудний, поперековий, крижовий), задні (чутливі) корінці, ганглій заднього корінця, передні (рухові) корінці, висхідні і низхідні шляхи спинного мозку.

Контрольні запитання

1. У чому полягають основні функції спинного мозку?
2. Які є відділи спинного мозку? Скільки пар спинномозкових нервів у людини?
3. Яка частина спинного мозку (задня чи передня) відповідає за передавання сенсорної інформації?
4. Які структури нейронів знаходяться в білій речовині спинного мозку? Які функції виконують відповідні нейрони?

Завдання

У пацієнта або пацієнтки порушена висхідна провідникова функція спинного мозку. Чи зможуть вони довільно рухати ногою? Чи буде відчуватися поколювання шкіри ноги? Чи здійснюватиметься колінний рефлекс?

§ 4. ГОЛОВНИЙ МОЗОК

Ви дізнаєтеся про головнокомандувача організму людини — мозок, без участі якого не відбувається жоден процес. Він працює навіть уві сні!

◆ Що таке струс мозку? Як учені досліджують мозок? Яку масу має мозок людини? Коли я послизнувся на льоду, як мій мозок допоміг не втратити рівновагу?

Чи зможе людина коли-небудь пізнати свій мозок?

Головний мозок — це найважливіший центр контролю, який здатен одночасно аналізувати всю інформацію щодо стану зовнішнього і внутрішнього середовища людини, керувати внутрішніми органами, запам'ятовувати та пригадувати факти, контролювати рухи. До того ж у мозку виникають думки й емоції. Учені давно почали досліджувати головний мозок, але сучасна наука все ще не може дати відповіді на цілий ряд фундаментальних питань стосовно таких складних виявів його діяльності, як свідомість, емоції, пам'ять, творчість, моральні засади, раціональне мислення. Однак деякі функції окремих відділів мозку стали більш зрозумілими завдяки значному прогресу нейрофізіологічних методів дослідження.

Головний мозок

Головний мозок міститься у порожнині черепа, безпосередньо над шийним відділом спинного мозку. Зовні він укритий трьома оболонками — м'якою, павутинною і твердою. Внутрішня м'яка оболонка з нещільної сполучної тканини безпосередньо прилягає до мозку й містить велику кількість судин для його кровопостачання, а зовнішня тверда оболонка містить щільну сполучну тканину, яка зростається з кістками черепа. Тканини головного і спинного мозку омиваються безколірною спинномозковою рідиною, що постійно виробляється у шлуночках мозку з артеріальної крові та, як «подушка», забезпечує його механічний захист. У випадку травми голови відбувається короткотривале призупинення його функцій (зазвичай ми це називаємо «струсом

Мал. 7.12. Будова головного мозку

мозку»), унаслідок чого людина втрачає свідомість. Це найбільш розповсюджений тип пошкодження мозку. ***Гематоенцефалічний бар'єр***, який відмежовує кров від внутрішнього середовища мозку, не тільки захищає його від шкідливих речовин, а й забезпечує для нейронів сталість середовища.

Головний мозок людини у середньому важить 1,3–1,4 кг, має об'єм 1400 см^3 і містить за різними оцінками від 85 до 100 млрд нейронів, а також трильйони гліальних клітин, які підтримують його діяльність. У головному мозку розрізняють такі частини: стовбур, мозочок, проміжний мозок і нарешті кінцевий, або великий мозок (*мал. 7.12*). Розглянемо їхні будову і функції.

Будова і функції стовбура головного мозку

Стовбур головного мозку зв'язує головний мозок зі спинним. Він включає ***довгастий мозок***, ***міст*** і ***середній мозок*** (*мал. 7.12*). Крізь стовбур мозку проходить більшість висхідних і низхідних нервових шляхів між спинним мозком й іншими відділами головного мозку, зокрема з великим мозком. Середній мозок координує представлення в головному мозку сенсорної інформації, зокрема зорової і звукової. Це буде більш зрозумілим на одному з прикладів такої координації — спрямування погляду на джерело звуку або місця дотику на шкірі.

Міст і довгастий мозок відповідають за регуляцію низки життєво важливих функцій організму, зокрема контроль за диханням (згадайте дихальний центр), артеріальним тиском і частотою серцевих скорочень. У стовбурі головного мозку також знаходиться ***ретикулярна формація*** (від лат. *reticulates* — сітка) у вигляді розсіяної по ньому сірої речовини. Її функція важлива для регуляції сну та підтримання інших ділянок мозку в активному стані — саме тут визначається стан неспання і рівень уваги.

Мозочок

Мозочок буквально означає «маленький мозок», адже він виглядає як мініатюрна версія великого мозку і теж складається з двох півкуль і вкритий так званою корою, адже її будова нагадує кору дерева (лат. *cortex* — кора). Він з'єднаний зі стовбуром, але

є окремим відділом головного мозку (*мал. 7.12*). Маса мозочка становить 10 % від маси мозку, це другий за розміром (після великого мозку) відділ головного мозку.

Мозочок відповідає за порівняння інформації від великого мозку із сенсорною інформацією від периферичних органів, що надходить по спинному мозку. Зокрема, тут відбувається аналіз інформації від рецепторів м'язів, сухожиль, зв'язок, суглобів, а також інформації щодо балансу тіла. Мозочок через середній мозок посилає м'язам коригувальні сигнали для підтримання рівноваги й балансу тіла, бере участь у координації рухів і регуляції тонусу скелетних м'язів. Якби не робота мозочка, що б з нами було, коли ми послизнулись на льоду?

Будова й функції проміжного мозку

Через ***проміжний мозок*** інші частини ЦНС і ПНС посилають й отримують інформацію від великого мозку. Дві найбільші структури цього відділу — це таламус і гіпоталамус (*мал. 7.12*).

Таламус — це ціле сузір'я ядер, через які надходить уся інформація (крім нюхових стимулів) до кори мозку. Нейрони таламуса не тільки передають інформацію, а й проводять її первинний аналіз. Наприклад, саме тут визначається, які із зорових сигналів є важливими і заслуговують на увагу.

Нижче таламуса знаходиться ***гіпоталамус***, де також є багато ядер. Основне завдання гіпоталамуса — це регуляція внутрішнього середовища, підтримання гомеостазу організму. Гіпоталамус — це головний менеджер автономної нервової системи й ендокринної системи. Він контролює функцію органів ендокринної системи як шляхом синтезу власних гормонів (щоправда, вони виділяються через щільно пов'язаний з ними гіпофіз), так і шляхом регуляції синтезу гормонів гіпофізом. Крім того, у гіпоталамусі знаходяться вже знайомі нам центри голоду, насичення, спраги, а також центр терморегуляції організму.

У проміжному мозку також є невеличка ендокринна залоза *епіфіз* — шишкоподібне тіло.

Будова та функції кінцевого, або великого, мозку

Кінцевий, або ***великий, мозок*** (*мал. 7.12*) розділений поздовжньою щілиною на дві ***великі півкулі*** — ліву і праву (*мал. 7.13, зліва*). У глибині щілини великі півкулі з'єднуються за допомогою мозолистого тіла (*мал. 7.12*). Бічний вид показує, що кожна півкуля поділена борознами на чотири великі ***частки*** (*мал. 7.13, справа*). Крім того, у глибині бічної борозни ще є невелика закрита частка — острівець (не показано на *мал. 7.13*). Зовнішню частину півкуль великого мозку називають корою. Численні

Мал. 7.13. Будова великого мозку людини

борозни й звивини значно збільшують площу її поверхні. Кора складається із сірої речовини (це переважно тіла й дендрити нейронів), а під нею — біла речовина, де знаходяться мієліновані аксони. Кора великих півкуль разом з кількома підкорковими структурами — гіпокампом, декількома ядрами і нюховою цибулиною — разом утворюють кінцевий, або великий, мозок. 85 % маси мозку припадає на цю його частину. Хоча деякі тварини (слони, дельфіни, кити) мають більший головний мозок, у людини кінцевий мозок і його кора найбільш розвинені. Права й ліва півкулі великого мозку відповідають за мову, мислення, рухи кінцівок. У більшості людей (80–90 %) домінантною є ліва півкуля, у них домінує права рука (правші). Вважається, що ліва півкуля більш активно задіяна в обробці математичної і мовної інформації, а права — більш важлива для креативності, артистичних здібностей, сприйняття мистецтва.

Різні функції пов'язані з різними частками півкуль (*табл. 7.1*).

Таблиця 7.1. **Функції, у яких переважають різні частки півкуль мозку**

Частка мозку	Функції
Лобна	Розпізнавання запахів; рухи (моторна кора); мислення, мовлення; розв'язання проблем, ухвалення рішень; планування; поведінка, увага, емоції
Скронева	Розпізнавання звуків; сприйняття слів, формування пам'яті, навчання, емоції
Тім'яна	Розпізнавання смаків, відчуття дотику, температури, болю, положення у просторі
Потилична	Зорова чутливість, розпізнавання образів, форми і кольору об'єктів
Острівець	Розпізнавання смаків

У скроневій частці знаходиться гіпокамп (буквально означає морський коник, якого він нагадує своєю формою). Гіпокамп бере участь у формуванні пам'яті.

Пов'язані з цією частиною мозку ядра сірої речовини відіграють важливу роль у координації рухів і регуляції положення тіла, а також у мотивації дій людини.

Висновки

1. Головний мозок — це основна й найскладніше побудована частина нервової системи, яка займає всю порожнину черепа.
2. Головний мозок аналізує сигнали, ухвалює рішення й розсилає команди всім органам.
3. Стовбур головного мозку зв'язує головний мозок зі спинним мозком. Він складається із середнього мозку, мосту й довгастого мозку. Тут зосереджено контроль за низкою життєво важливих функцій організму.
4. Мозочок контролює виконання рухів і підтримання балансу тіла.
5. Основними структурами проміжного мозку є таламус і гіпоталамус.
6. Найбільшою частиною головного мозку є кінцевий мозок, який поділяється на дві півкулі.

Терміни і поняття

Гематоенцефалічний бар'єр, стовбур головного мозку (середній мозок, міст, довгастий мозок, ретикулярна формація), мозочок, проміжний мозок (таламус, гіпоталамус), кінцевий (великий) мозок, великі півкулі мозку, частки півкуль (лобна, скронева, тім'яна, потилична, острівець).

Контрольні запитання

1. На які відділи поділяється головний мозок?
2. З яких частин складений стовбур мозку? Які функції він виконує?
3. Яка будова та функції мозочка?
4. Які відділи головного мозку вкриті корою?
5. З яких утворень складається проміжний мозок і які функції вони виконують?
6. У чому полягає значення ретикулярної формації мозку?
7. З яких часток складається кожна півкуля кінцевого мозку? Які функції кожної частки?

Завдання

Подумайте, які відділи мозку активні під час диктанту, й на основі матеріалу параграфа визначте роль кожного з них. Оформіть завдання у вигляді таблиці:

1. Голос учителя чи учительки	Звукова інформація надходить крізь таламус; скронева частка кори великих півкуль розпізнає звуки і сприймає слова
2.	
3.	

Для допитливих

Як пов'язані між собою різні утворення мозку?

Мабуть, ви зараз відчуваєте, що вже дещо заплутались у будові головного мозку — надто багато частин, і не дуже зрозуміло, як вони між собою пов'язані. Справді, у мозку людини структури, які розташовані поряд, не обов'язково мають прямі з'єднання, і навпаки. Спробуємо розплутати цей клубок, і в цьому нам допоможе погляд на розвиток мозку в процесі ембріогенезу (розвитку зародка людини). На ранніх його стадіях це просто нервова трубка. Починаючи з 25 дня її передня частина починає розвиватися в головний мозок, а задня — у спинний мозок. Тепер стає зрозумілішим, чому головний і спинний мозок так тісно з'єднані й разом утворюють ЦНС.

Протягом 3-го й 4-го тижнів розвитку починають формуватися потовщення нервової трубки — міхури. Спочатку виникають 3 первинні міхури, а на 5-му тижні їх вже 5 — це вторинні міхури. Далі з них розвиваються різні частини мозку, як показано на малюнку 7.14. Тепер ви можете краще зрозуміти не тільки зв'язки, а й назви різних структур, наприклад, чому великий мозок ще називають кінцевим.

Мал. 7.14. Розвиток мозку в ембріогенезі

§ 5. АВТОНОМНА (ВЕГЕТАТИВНА) НЕРВОВА СИСТЕМА

Ви дізнаєтесь про те, як поза нашою свідомістю нервова система постійно контролює функції внутрішніх органів.

◆ Чому під час стресу пересихає в горлі? Чи правда, що після обіду краще подрімати? Я чув, що у людини є «другий мозок», — де він знаходиться?

Роль автономної нервової системи в регуляції роботи внутрішніх органів

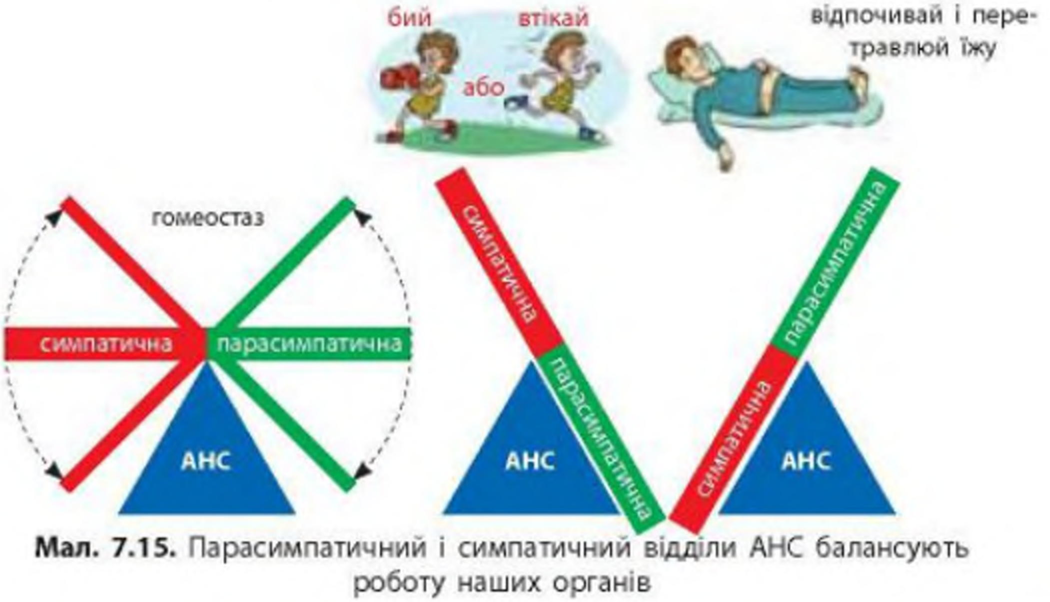
Ви вже знаєте, що основне призначення АНС — це регуляція функцій усіх внутрішніх органів людини з метою підтримання гомеостазу внутрішнього середовища. Ви також знаєте, що і гіпоталамус, і тісно з ним пов'язаний гіпофіз теж беруть участь у цих процесах шляхом виділення гормонів. На відміну від цього АНС

контролює функції внутрішніх органів (серце, судини, слинні залози, шлунок, сечовий міхур та інші) за допомогою передавання нервових імпульсів.

Як передбачає назва АНС, цей контроль відбувається цілком автономно, тобто поза нашою свідомістю — наприклад, ми не можемо довільно змусити шлунок скоротитися або викликати секрецію шлункового соку. Ця властивість автономної нервової системи начебто «розвантажує» наш мозок від необхідності свідомого контролю за внутрішніми органами. Коли ви зосереджено читаєте цей підручник, вам не потрібно замислюватись, як у даний момент часу іде травлення й засвоєння їжі!

Зазвичай кожен орган отримує впливи як від ***симпатичного***, так і від ***парасимпатичного*** відділів АНС, і ці впливи теж зазвичай протилежні — якщо симпатичне плече АНС гальмує якусь функцію, то парасимпатичне її активує, і навпаки. Таким чином досягається збалансована робота того чи іншого внутрішнього органа (*мал. 7.15*).

Розглянемо дві діаметрально протилежні ситуації, у яких роль АНС особливо значна. Одна дістала назву «бий або втікай», друга — «відпочивай і перетравлюй їжу» (*мал. 7.15*). Вони цікаві тим, що у першій баланс максимально зміщено до активності симпатичного відділу АНС, а в другій — парасимпатичного відділу. У бойовиках ми можемо побачити багато сцен, що ілюструють першу з цих ситуацій. Наприклад, відбувся вибух, щось загорілось або на людину напав тигр — бити чи утікати? Незалежно від рішення героя, у таких ситуаціях активується симпатичний відділ АНС. Це миттєво мобілізує всі ресурси організму, передусім постачання енергії — ритм серця прискорюється, тиск крові зростає, а травлення й інші некритичні процеси, навпаки, уповільнюються. Це логічно, адже



Мал. 7.15. Парасимпатичний і симпатичний відділи АНС балансують роботу наших органів

організму потрібні ресурси для швидких і рішучих дій, йому в цей час не до травлення! Симпатична система, зокрема, відповідає за фізіологічні відповіді на емоційний стрес. Сам термін «симпатична» буквально означає *sym-* — «разом»; *-pathos* — «біль», «страждати», «емоція». У слові «парасимпатична» — *para-* означає «поруч» (із симпатичною нервовою системою).

Прикладом «відпочивай і перетравлюй їжу» є сієста — це слово іспанського походження означає полудень — пообідня перерва в роботі для відпочинку. Сієста є традицією в деяких південних країнах. Пригадайте також, що маленькі діти в дитсадках також лягають спати після обіду. У спокійному стані переважає активність парасимпатичного відділу АНС, що сприяє травленню й засвоєнню їжі.

Хімічна сигналізація в АНС та її основні нейропередатчики

Яким саме чином досягаються такі протилежні впливи на роботу внутрішніх органів? Пригадаємо, що в ЦНС знаходяться перші (пресинаптичні) нейрони, які передають команди на другі (постсинаптичні) нейрони в гангліях АНС (*мал. 7.10, б*). Усі перші нейрони використовують один і той самий нейропередатчик для збудження постсинаптичних нейронів — це *ацетилхолін*, тоді як другі нейрони симпатичної і парасимпатичної системи мають їх різний набір. Основним нейропередатчиком парасимпатичної системи, що синтезується і вивільнюється в синапсах других нейронів із клітинами-мішенями (м'язовими, секреторними тощо), теж є ацетилхолін, тоді як у симпатичній системі це *норадреналін*. Саме різниця в хімічній структурі нейропередатчиків дозволяє робочим клітинам розрізнити, з якої частини АНС — симпатичної чи парасимпатичної, надійшла команда. Звичайно, щоб розпізнати цю різницю, клітини мають для кожного з цих нейропередатчиків свої специфічні рецептори.

У таблиці 7.2 наведені деякі приклади такої протилежної регуляції.

Таблиця 7.2. **Роль симпатичної і парасимпатичної систем у регуляції функції деяких органів**

Орган	Симпатична стимуляція	Парасимпатична стимуляція
Зіниця ока	Розширення	Звуження
Слинні і слізні залози	Менша кількість секрету, він більш густий	Велика кількість рідкого секрету
Серце	Частота і сила скорочень збільшується	Частота і сила скорочень зменшується
Органи дихання	Розслаблення м'язів бронхів	Скорочення м'язів бронхів
Шлунково-кишковий тракт	Пригнічення скорочень	Посилення моторики і секреції

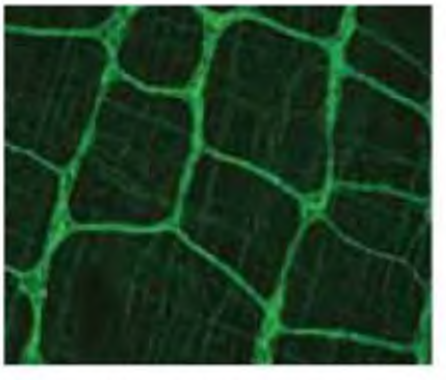
Відмінності між симпатичною і парасимпатичною нервовими системами в розташуванні гангліїв та іннервації різних органів

У симпатичній нервовій системі тіла перших нейронів знаходяться в спинному мозку на рівні грудного і поперекового відділу, а їх аксони ведуть до ланцюжка симпатичних гангліїв, що знаходяться поряд із хребтом, по 23 з кожної сторони. У гангліях знаходяться тіла других (постсинаптичних) нейронів, які іннервують внутрішні органи. Таким чином, відстань від ганглія до органа може бути досить значною.

У парасимпатичній нервовій системі тіла перших нейронів знаходяться у стовбурі головного мозку та в крижовому відділі спинного мозку, а ганглії розташовані біля самого органа, що іннервується, або навіть у його стінках. Зрозуміло, що в цьому випадку аксони перших нейронів довгі, а других — короткі.

Ентеральна нервова система

Про існування ***ентеральної нервової системи*** ви, можливо, не чули, але цей відділ нервової системи навіть інколи називають нашим «другим мозком», або маленьким мозком у шлунково-кишковому тракті. Коли вам під час стресу або для покращення настрою хочеться з'їсти цукерку, то ймовірно, що так «хоче» ваш другий мозок! Ентеральні нейрони формують розгалужені мережі, що забезпечують власні рефлекси для швидкої та ефективної регуляції моторики (згадайте узгоджені перистальтичні рухи) і секреції шлунково-кишкового тракту (*мал. 7.16*). Наявність власних чутливих нейронів найбільше відрізняє ентеральну систему від симпатичної і парасимпатичної систем, для яких сенсорна інформація аналізується в ЦНС. Сигналами для чутливих нейронів ентеральної системи є розтягнення стінки шлунка чи кишечника, подразнення рецепторів слизової оболонки різними хімічними складовими їжі тощо.



Мал. 7.16. Ентеральне плетиво кишечника, у якому окремі ганглії з'єднуються нервовими шляхами в суцільну мережу

Висновки

1. Роль АНС полягає в регуляції функцій усіх внутрішніх органів людини з метою підтримання гомеостазу внутрішнього середовища.
2. Ця регуляція відбувається автономно, тобто поза нашою свідомістю.
3. Баланс впливів АНС на функцію внутрішніх органів забезпечується її двома відділами — симпатичним і парасимпатичним, впливи яких на функцію органа, зазвичай, є протилежними.

Терміни і поняття

Симпатична регуляція, парасимпатична регуляція, ентеральна нервова система.

Контрольні запитання

1. Який з відділів АНС активується в ситуації «бий або втікай»? Як зміниться робота внутрішніх органів під час її активації?
2. У чому полягають основні відмінності між симпатичною і парасимпатичною нервовими системами?
3. Спробуйте пояснити, чому під час стресу пересихає в горлі?
4. У чому полягають основні особливості ентеральної нервової системи?
5. За якими ознаками ентеральну нервову систему виділили в окремий відділ і стали називати «маленьким мозком»?

Завдання

Ви біжите крос. Поясніть, яку роль відіграє центральна, соматична й автономна нервові системи. Який із цих відділів і як саме регулює функцію внутрішніх органів під час фізичного навантаження? Чи можете ви пояснити, чому виділяється лише невелика кількість густої слини, навіть якщо ми періодично п'ємо воду?

§ 6. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтеся про те, чому корисно тренувати не тільки м'язи, а й свій мозок, і як це може запобігти одній із найважчих хвороб людини.

◆ Чи правда, що всі захворювання починаються з мозку? Чому болить голова і симптомами яких захворювань може бути головний біль? Чому кажуть — «бережіть нерви», і як мені їх берегти?

Захворювання нервової системи

Ви дізналися про універсальну роль нервової системи у забезпеченні взаємодії організму з навколишнім середовищем і в регуляції гомеостазу внутрішнього середовища. Від інтегративної функції нервової системи залежить і перебіг захворювань людини. Наприклад, гіпертонічна хвороба може спричинятися порушенням регуляції артеріального тиску з боку АНС. Ще більш очевидними є наслідки інсульту головного мозку, коли одночасно виникає велика кількість симптомів і порушень — від розладів мови, паралічу і до порушень функцій внутрішніх органів.

Розглянемо ряд захворювань, які негативно впливають на нервову систему, і які це має наслідки для усього організму.

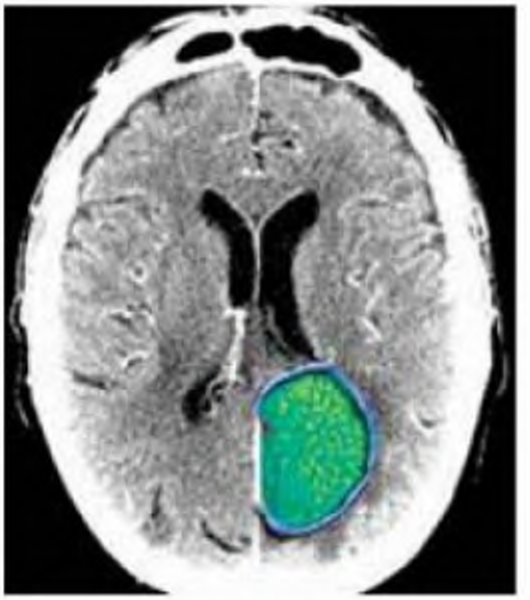
Хвороба Альцгеймера виникає внаслідок повільного, прогресуючого ушкодження нейронів мозку, зокрема тих, що відповідають за пізнавальні (когнітивні) функції. Втрату інтелектуальних функцій називають ***деме́нцією***. Люди з цим захворюванням не можуть запам'ятати нещодавні події, страждають від депресії і тривожних станів, уникають спілкування і навіть не можуть упізнати рідних, друзів і подруг. Це захворювання проявляється з віком — від нього загалом страждають 10 % людей, старших за 65 років.

Учені працюють над питаннями, наскільки фізичне навантаження, дієти й «інтелектуальні ігри» можуть допомогти затримати розвиток або навіть повністю уникнути цієї недуги. В одному з досліджень було доведено, що ризик захворювання зменшується майже на 50 % у людей похилого віку, які ведуть активне розумове життя: ходять у музеї, відвідують лекції, читають газети, вивчають іноземні мови, розв'язують кросворди тощо. Виявляється, тренувати можна не тільки м'язи, а й мозок!

Хвороба Паркінсо́на спричиняється прогресуючою загибеллю нейронів сірої речовини мозку, які відповідають за синтез одного з нейропередатчиків, що називається дофамін. Це викликає уповільнення рухів, тремтіння, порушення координації рухів. У важких випадках виникає пригнічення (депресія) і тривога, втрата рівноваги й порушення пам'яті.

Ракові захворювання мозку. Пухлини мозку, як доброякісні, так і злоякісні (ракові захворювання) (*мал. 7.17*), є причиною дуже різних симптомів, усе залежить від місця їх утворення. Деякими типовими їх проявами є головний біль, нудота, блювання, порушення мовлення, слуху, зору, балансу і рухів тіла, судоми й конвульсії.

Епілепсія — назва цього захворювання буквально означає «тримати, володіти». У хворих на епілепсію нейрони кори інколи починають хаотично генерувати потенціали дії, і тоді у людини трапляється напад судом. Така надмірна, хаотична електрична активність кори мозку нагадує електричну бурю в мозку, і тому під час нападу хвора людина втрачає здатність сприймати й аналізувати сенсорну інформацію й контролювати м'язи. Є багато різних типів епілепсії. Для 50–70 % хворих причини епілепсії залишаються невідомими, але в інших випадках епілепсія виникає внаслідок травм го-



Мал. 7.17. Пухлина головного мозку

лови, пухлин мозку, інсульту, інфекцій (менінгіт, енцефаліт) або зловживання алкоголем. Інколи поштовхом до епілептичного нападу може бути стрес, безсоння, зниження рівня глюкози в крові, спалахи світла чи голосні звуки. Від епілепсії страждали такі відомі особистості, як Юлій Цезар, Федір Достоєвський, Петро І, Наполеон.

Травми голови і спинного мозку можуть мати жахливі наслідки, аж до смертельних. Звичайно, ніхто не застрахований від дорожньо-транспортних пригод, але виконання правил дорожнього руху зменшує ці ризики. Велосипедним шоломом також не варто нехтувати. Усі також чудово знають, що не варто ходити біля будинку, у якому відбуваються фасадні ремонтні роботи або з даху якого звисають бурульки, однак трапляються травми внаслідок недотримання цих простих вимог.

Інсульт ми вже розглядали у зв'язку з недостатнім постачанням кисню нейронам — гіпоксією, адже нейрони дуже вимогливі до постачання кисню. Причиною інсульту може бути як блокування кровотоку по артеріях мозку (тромб, холестеринові бляшки на внутрішній поверхні судин), так і розрив судин із крововиливом у мозок. Інсульт є основною причиною інвалідності і однією з основних причин смертності. Залежно від місця ушкодження мозку наслідки інсульту можуть бути дуже різними. Профілактика інсульту — це профілактика серцево-судинних захворювань.

Енцефаліт — це досить рідкісне, але важке ***інфекційне захворювання***, при якому розвивається запалення мозку. У важких випадках може спричиняти параліч однієї зі сторін тіла, поступову втрату свідомості й кому, що триває декілька днів і навіть тижнів. Для профілактики цього захворювання треба уникати місць, де є кліщі й інші комахи — переносники збудників енцефаліту. **Менінгіт** — ще одне, як правило, інфекційне захворювання, що спричиняє запалення оболонок мозку. Виникає сильний головний біль, жар, нудота, блювання, судоми, сонливість.

Отруєння нервової системи **алкоголем, нікотином, наркотичними речовинами.** Ці речовини в невеликих концентраціях стимулюють нервову систему, а у великих — пригнічують її діяльність із можливими летальними наслідками. Вони ніби «замінюють» дію природних нейропередатчиків, організм починає «лінуватися» виробляти власні сигнальні молекули, виникає залежність, що з часом призводить до значних руйнівних наслідків у нервовій системі людини. Профілактика таких наслідків одна — не вживати ці нейротоксичні речовини!

У медичній практиці лікарки і лікарі інколи змушені застосовувати речовини, які мають подібну дію, — загальні анестетики

для хірургічного наркозу. Менш шкідливими є місцеві анестетики, які тимчасово «вимикають» проведення електричних імпульсів по аксонах нейронів. Ці речовини відомі кожному, хто хоча б раз відвідував стоматологічний кабінет.

Висновки

1. Від інтегративної функції нервової системи залежить перебіг більшості захворювань людини, але є захворювання, які насамперед вражають власне нервову систему.
2. Для захворювань нервової системи є фактори ризику — спадкові інфекції, шкідливі хімічні речовини.
3. Як і для багатьох інших недуг, ризик захворювання можна зменшити, якщо дотримуватися певних правил профілактики. Особливо це стосується запобігання травмам головного і спинного мозку, а також оберігання організму від нейротоксичних речовин — зокрема нікотину, алкоголю, наркотиків.

Терміни і поняття

Захворювання нервової системи, хвороба Альцгеймера, деменція, хвороба Паркінсона, епілепсія, інсульт, інфекційні захворювання нервової системи, отруєння нервової системи.

Контрольні запитання

1. Які симптоми виникають при хворобі Альцгеймера?
2. Що спричиняє епілептичний напад і які його симптоми? Які фактори ризику епілептичних нападів ви знаєте?
3. Наведіть приклади інфекційних захворювань, внаслідок яких особливо страждає нервова система людини.
4. Чому симптоми інсульту мають особливо широкий спектр?

Завдання

Опишіть усі відомі вам правила й заходи профілактики захворювань нервової системи, яких треба дотримуватися в нашому повсякденному житті.

Для допитливих

Цікаві факти про нейрони і нервову систему

1. Якби тіло найбільшого рухового нейрона було як кавун середнього розміру, то його аксон був би завдовжки 2 км.
2. Найдовший і найтовщий нерв людини — сідничний. Він проходить від крижового відділу спинного мозку до пальців ніг.
3. Мозок людини споживає до 20 % кисню, що надходить у кровоносну систему, і за кожну хвилину через мозок проходить до 1 л крові.
4. У тканині мозку немає больових рецепторів, больові сигнали виникають у його оболонках.

5. Серед клітин різних типів нейрони — рекордсмени за тривалістю життя.
6. Площа кори мозку становить 2500 см².
7. Припинення кровопостачання мозку на декілька секунд спричиняє втрату свідомості.
8. На ранній стадії ембріогенезу кожну хвилину утворюється 250 тис. нейронів.
9. За різними оцінками, до 95 % інформації, що надходить до мозку, сприймається й аналізується на підсвідомому рівні. Але ті 5 % інформації, яку ми усвідомлюємо, і є нашим життєвим досвідом.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що нервова система постійно виконує функції сприйняття, аналізу й передавання інформації, тому вона відіграє ключову інтегративну роль в організмі.
2. Ми запам'ятали, що нейрони спілкуються між собою за допомогою електричних імпульсів і хімічних сигналів. Перші проходять по відростках нейронів — дендритах і аксонах, а другі передаються через синапси.
3. Ми довідалися про рефлекси: як вони працюють і яке важливе значення вони мають для нас.
4. Ми дізналися про важливі функції спинного мозку під час передавання сигналів до головного мозку і від нього.
5. Ми усвідомили, що є прості й ефективні заходи профілактики цілого ряду захворювань нервової системи.

Знаю — вмію

- Я знаю, що таке нейрон і чим він відрізняється від клітин інших типів.
- Я знаю, як побудована рефлекторна дуга.
- Я знаю особливості будови і функції двох відділів АНС — симпатичного і парасимпатичного — і як шляхом протидійних впливів вони контролюють різні органи і гомеостаз організму в цілому.
- Я знаю, що ЦНС включає головний і спинний мозок і контролює всі свідомі і підсвідомі процеси й дії.
- Я знаю будову головного й спинного мозку людини.
- Я вмію показати на малюнках усі частини нервової системи та пояснити їхню роль.
- Я знаю фактори, які негативно впливають на функцію нервової системи.
- Я вмію описати нервову регуляцію рухової активності людини.
- Я знаю, якими небезпечними можуть бути травми органів центральної нервової системи. Я також знаю правила, які знижують ризики таких травм, і буду їх ретельно дотримуватися.

ЗВ'ЯЗОК ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ ІЗ ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- роль сенсорних систем у забезпеченні зв'язку організму із зовнішнім середовищем;
- особливості будови й функції зорової і слухової сенсорних систем, також систем рівноваги, нюху, смаку, руху, дотику, температури, болю;
- те, як людина сприймає світло, колір, простір, звук, запах, смак, рівновагу тіла

§ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БУДОВА СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

Ви дізнаєтеся про основні сенсорні системи організму людини, їх загальну будову; про види рецепторів, які сприймають інформацію із зовнішнього середовища; про механізми формування відчуттів.

◆ Як ми все відчуваємо? У нас гострий зір. Проте коли заходимо в кінотеатр, у темну залу, то нічого не бачимо. Чому?

Мал. 8.1. Сенсорні системи людини і зовнішні подразники

Сприйняття навколишнього світу з його кольорами, звуками, ароматами, смаками, а також сприйняття положення тіла здійснюється за допомогою сенсорних систем (від. лат. *sensus* — почуття, відчуття), які ще мають назву ***аналізаторів***. ***Сенсорна система*** — система, що забезпечує сприйняття, проведення та формування відчуттів (*мал. 8.1*).

Розрізняють зорову та слухову сенсорні системи, а також сенсорні системи рівноваги, нюху, смаку, руху, дотику, температури, болю.

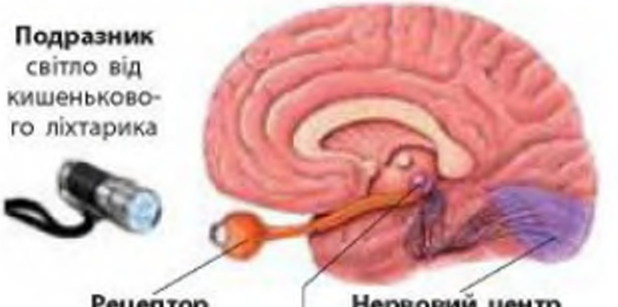
Загальна будова сенсорної системи

Незважаючи на різноманітність сенсорних систем та відмінності в подразниках, які вони сприймають, принципи їхньої будови та функціонування однакові (*мал. 8.2*).

Усе починається зі сприйняття подразнюючого стимулу **рецепторами** — це нервові клітини, закінчення їх відростків або ж спеціалізовані клітини. Рецептори можуть бути розташовані окремо (больові рецептори шкіри) або вони об'єднані в органи чуттів (око, вухо). Залежно від характеру подразника, що викликає збудження рецептора, рецептори поділяють на п'ять груп: ***механорецептори*** — сприйняття звуку, положення і руху тіла, дотику, вібрації, тиску, розтягнення; ***хеморецептори*** — сприйняття смаку, запаху; ***фоторецептори*** — сприйняття світла й кольору; ***температурні рецептори*** — сприйняття холоду, тепла; ***ноцицептори*** (больові рецептори) — сприйняття болю.

На рівні рецептора отриманий сигнал перетворюється в нервовий імпульс, який чутливими нервовими волокнами (***провідни-***

кові шляхи) передається до певних ділянок центральної нервової системи. Кора великого мозку є найвищим центром аналізу інформації про навколишній світ і внутрішнє середовище організму, на основі якого формується певне відчуття.



Мал. 8.2. Загальна будова сенсорної системи (на прикладі зорової)

Важливо усвідомлювати, що тільки завдяки здатності мозку одночасно сприймати й обробляти інформацію від рецепторів різних типів людина може сприймати не окремі відчуття, а їхню комбінацію. Наприклад, під час прийняття їжі відбувається збудження не тільки смакових рецепторів, а також нюхових, температурних, больових і рецепторів дотику. Завдяки цьому ми одночасно відчуваємо смак і запах страв, розрізняємо, холодні вони чи гарячі, м'які чи тверді і т. п.

Характерною особливістю рецепторів сенсорних систем є їхня здатність до зміни чутливості, залежно від сили й тривалості подразнюючого стимулу. Це явище дістало назву ***адаптація сенсорної системи***. Чутливість рецептора може підвищуватися за відсутності дії сильного подразника чи знижуватися за тривалої дії подразника. Наприклад, чутливість до світла знижується за яскравого освітлення, а в темряві, навпаки, підвищується. Згадайте ситуацію, коли ви заходите з яскраво освітленого приміщення в темну кімнату. Деякий час ви нічого не бачите, потім ваші очі адаптуються, і ви починаєте розрізняти предмети. З іншого боку, завдяки адаптації рецепторів до постійної дії подразника ми не відчуваємо дотик одягу до нашого тіла. Рецептори, що сигналізують про відчуття болю, не здатні до адаптації, тому людина не може звикнути до болю.

Висновки

1. Сприйняття зовнішнього світу та внутрішнього середовища організму забезпечується сенсорними системами (аналізаторами).
2. Сенсорна система складається із периферичного відділу (окремі рецептори чи органи чуття), провідникового шляху (чутливі нервові волокна) та центрального відділу (сенсорні ділянки мозку).
3. Кора великого мозку є найвищим центром аналізу сенсорної інформації, на основі якого формується певне відчуття.

Терміни і поняття

Сенсорна система, аналізатор, механорецептор, хеморецептор, фоторецептор, температурний рецептор, ноцицептор, адаптація сенсорної системи.

Контрольні запитання

1. Що таке сенсорна система?
2. Опишіть загальну будову сенсорної системи.
3. Перелічіть типи рецепторів і наведіть приклади подразників, які вони сприймають.
4. Яка властивість сенсорних систем забезпечує нашу здатність бачити предмети за різного рівня освітлення?

Завдання

Встановіть відповідність між аналізаторами і типами рецепторів, які сприймають подразник:

Сенсорна система	Тип рецепторів
Зорова	Механорецептори
Нюхова	Фоторецептори
Слухова	Температурні рецептори
Смакова	Хеморецептори

§ 2. ЗОРОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА. ОКО

Ви дізнаєтесь, як побудовано око і які переваги надає нам зір двома очима; чому брови, повіки та вії є допоміжним апаратом зорового аналізатора.

◆ Чому в людей різний колір очей? Для чого потрібні сльози?

Зорова сенсорна система складається з органа зору — *ока* (периферична частина), *зорового нерва* (провідниковий шлях) та відділу головного мозку, де відбувається аналіз інформації (*зоровий центр кори великого мозку*). Приблизно 70 % усієї інформації ми отримуємо за допомогою зорового аналізатора: про розмір, колір предметів, їх розташування у просторі, відстань до них. Завдяки зору ми одержуємо інформацію із книг, електронних джерел, сприймаємо витвори мистецтва. Зоровий аналізатор контролює майже всі види трудової діяльності людини.

Будова ока

Мал. 8.3. Загальна будова ока людини

Людина має два ока, що забезпечує ***бінокулярний зір***, тобто стереоскопічне (об'ємне) сприйняття об'єктів і точне визначення взаємного розташування їх у тривимірному просторі. Око має кулясту форму, діаметром приблизно 2,5 см, і тому називається очним яблуком. Око має *три оболонки*: зовнішню — білкову, середню — судинну і внутрішню — сітківку та *внутрішнє ядро*, утворене кришталиком і ***склистим тілом*** (*мал. 8.3*).

Білкова оболонка складається з непрозорої частини — ***склери***. Це щільна сполучна тканина, яка забезпечує форму ока та захищає його від ушкодження. У передній частині ока оболонка переходить у прозору частину — ***рогівку***.

Судинна оболонка розташована під склерою та містить багато кровоносних судин, що забезпечують око поживними речовинами та киснем. Також у судинній оболонці міститься пігмент, який поглинає світло, тому в очному яблуці світло не розсіюється і не відбивається. У передній частині ока середня оболонка потовщується і формує ***війкове тіло***, воно складається із війкового м'яза та зв'язок, до яких кріпиться капсула кришталика. За війковим тілом розташовується дископодібний утвір — *райдужка*. Райдужка містить клітини з *пігментом меланіном*, який і визначає колір очей. Коли пігменту багато, очі темно- або світло-карі, а якщо мало — сірі чи блакитні. Іноді пігменту немає (альбіноси), тоді очі мають рожевий колір, адже просвічуються кровоносні судини. У центрі райдужки є невеликий отвір — *зіниця*, розширення чи звуження якої контролює кількість світла, що надходить до ока. Розмір зіниці залежить від скорочення колових чи радіальних гладеньких м'язів райдужки. За сильного освітлення колові м'язи рефлекторно скорочуються, зіниця звужується. За слабкого освітлення скорочуються радіальні м'язи — зіниця розширюється.

Безпосередньо за зіницею розташовано двоопуклий **кришталик**, який ділить порожнину ока на дві частини — передню та задню й бере участь у пропусканні та заломленні світлових променів. *Передня частина* розташована між рогівкою і кришталиком, складається із *передньої* та *задньої вологих камер*. Вона

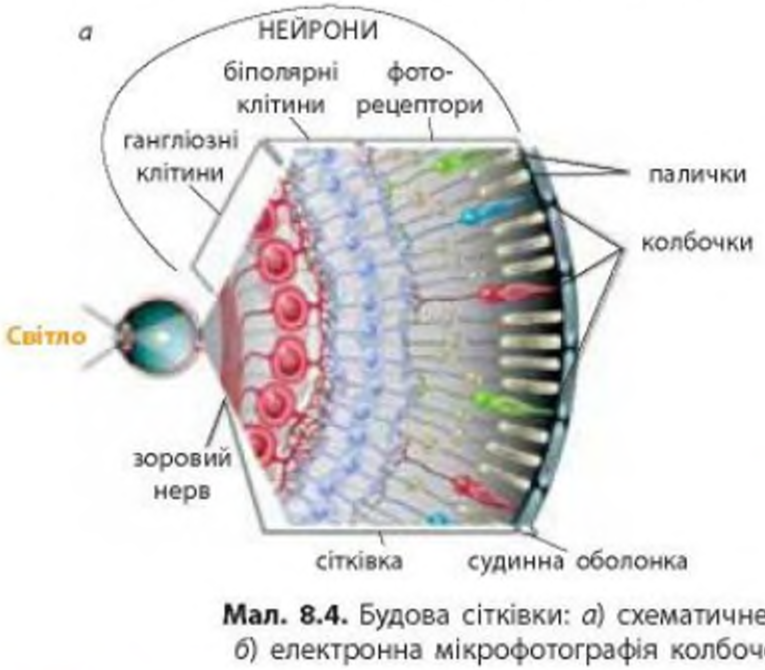
заповнена тканинною рідиною, яка містить поживні речовини, необхідні для функціонування кришталика і рогівки, оскільки вони взагалі не мають кровоносних судин. *Задня частина ока* — це велика порожнина (позаду кришталика), що заповнена прозорою желеподібною речовиною. Вона має назву **склисте тіло**.

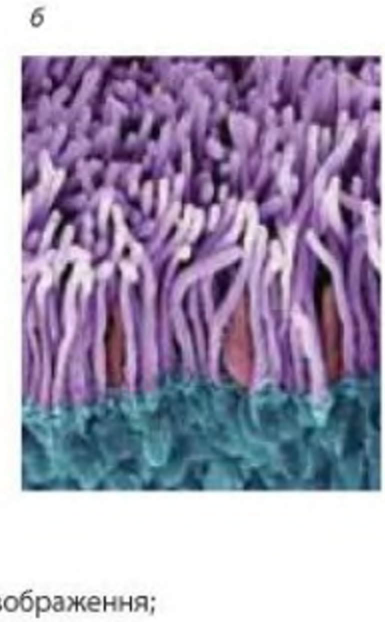
Внутрішня оболонка ока — це ***сітківка*** (*мал. 8.4*).

Сітківка вистилає задню частину ока й складається із трьох шарів нейронів. Найближче розташовано до судинної оболонки шар фоторецепторів, *паличок* та *колбочок*, які забезпечують світлосприймання. Зона сітківки, яка лежить навпроти зіниці і містить щільно розташовані колбочки, називається ***жовтою плямою***. Потрапляння світла в цю зону забезпечує найчіткіше сприйняття зображення. Палички розсіяні по всій сітківці. Далі розміщені два шари нервових клітин. Справа в тому, що око людини, як і всіх хребетних, «вивернуте»: два шари нервових клітин (біполярні та гангліозні) містяться над фоторецепторами, а не позаду них (*мал. 8.4, а*). Світло, перш ніж досягнути паличок і колбочок, має пройти крізь шари цих нервових клітин. Аксони другого шару нейронів (гангліозних клітин) збираються в один пучок — зоровий нерв, який пронизує очне яблуко. Місце виходу зорового нерва з ока не містить фоторецепторів і тому має назву ***сліпа пляма***.

Допоміжний апарат ока

Допоміжний апарат ока складається із *брів*, *повік з віями*, *слізних залоз*, *слізних каналів*, *окоруховиx м'язів* (*мал. 8.5*). *Брови* затримують піт, що стікає з лоба. *Повіки з віями* захищають





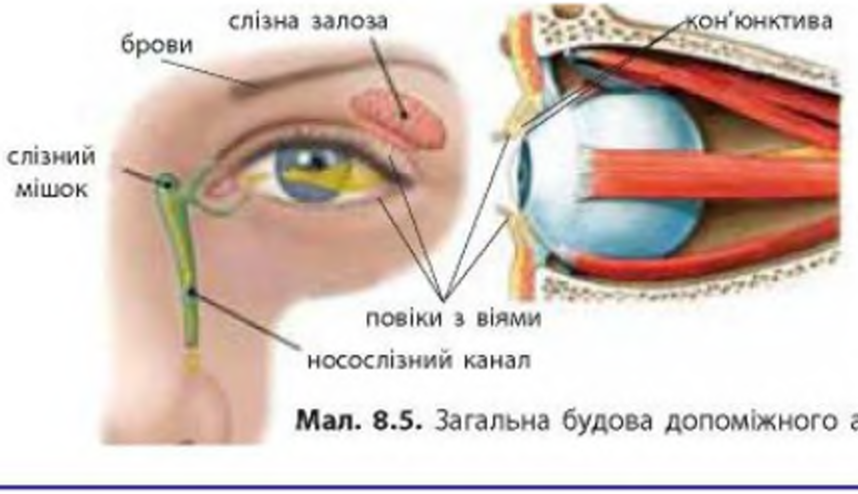
Мал. 8.4. Будова сітківки: *а)* схематичне зображення; *б)* електронна мікрофотографія колбочок і паличок

Таблиця 8.1. **Структурні частини ока та їхня функціональна роль**

Структурні частини	Функції
Білкова оболонка (склера)	***Підтримання форми та захист ока від різноманітних пошкоджень***
Рогівка	Заломлення світлових променів
Середня (судинна) оболонка	***Живлення стінок очного яблука та поглинання світлових променів***
Райдужка	Регуляція кількості світла, що потрапляє в око
Зіниця	Пропускання світла
Війкове тіло	Утримання кришталика та зміни його форми (акомодація)
Сітківка	***Світлосприймання***
Фоторецептори — колбочки	Колірний зір
Фоторецептори — палички	Сприйняття чорно-білого зображення, форми та обрисів предметів
Нервові клітини	Первинна обробка інформації від фоторецепторів і передача її на зоровий нерв
Зоровий нерв	Передавання нервового імпульсу в кору головного мозку
Внутрішнє ядро	
Кришталик	Заломлення і фокусування світлових променів
Склисте тіло	Проведення світлових променів і підтримка форми ока

око від пилу та яскравого світла. З внутрішньої сторони повіки вкриті тонким шаром епітеліальних клітин, які утворюють слизову оболонку — *кон'юнктиву*. З повік кон'юнктива переходить на склеру очного яблука. Вона містить мікроскопічні слізні й слизові залози, які зволожують склеру й рогівку. Запалення кон'юнктиви — *кон'юнктивіт*, розвивається внаслідок потрапляння на неї мікробів, прямого контакту ока з хімічними сполуками (хлорована вода в басейні), алергічних реакцій.

Також око постійно зволожується *слізною рідиною*. Її виробляють *слізні залози*, що розташовані у верхньому зовнішньому



Мал. 8.5. Загальна будова допоміжного апарату ока

куті очної орбіти. За добу вони виділяють до 1 мл слізної рідини, яка на 99 % складається із води, решта — солі та бактерицидні речовини. Надлишок сліз збирається у внутрішньому кутку ока й стікає *носослізним каналом* у порожнину носа. Окрім зволоження очного яблука, сльози мають бактерицидну дію, очищують його від пилу, а також є важливим компонентом у прояві емоцій — плачу.

Людина мимовільно змикає повіки від 2-х до 5-ти разів за хвилину, що забезпечує рівномірне зволоження ока і захищає його від пересихання. Крім того, будь-яке механічне подразнення рогівки, кон'юнктиви ока, повік викликає захисний мигальний рефлекс.

Рух ока в очній орбіті забезпечують *окорухові м'язи*. Завдяки скороченню м'язів очні яблука рухаються вгору, вниз, праворуч і ліворуч і сприяють потраплянню світлових променів безпосередньо на сітківку.

Висновки

1. Переважну більшість інформації про навколишній світ ми отримуємо завдяки зоровій сенсорній системі.
2. Орган зору складається з ока та його допоміжного апарату (брови, повіки, вії, слізний апарат, окорухові м'язи).
3. Око має складну структуру і побудоване із трьох оболонок — білкової, судинної, сітківки та внутрішнього ядра, утвореного кришталиком і склистим тілом.

Терміни і поняття

Склера, рогівка, райдужка, зіниця, кришталик, склисте тіло, війкове тіло, сітківка, жовта пляма, сліпа пляма, бінокулярний зір.

Контрольні запитання

1. Які функції виконує кожен компонент зорової сенсорної системи?
2. Які оболонки має око?
3. Яка оболонка ока містить фоторецептори? Як називаються ці рецептори?
4. Як утворюється сліпа пляма?
5. Для чого потрібен допоміжний апарат ока?
6. Чому людина змикає повіки від 2-х до 5-ти разів за хвилину?

Завдання

1. Поясніть, чому в людей зі спадковим браком в організмі пігменту меланіну райдужка має червоний колір.

2. У райдужці є радіальні і кільцеві м'язи, скорочення яких змінює діаметр зіниці. Схематично зобразіть, скорочення яких м'язів спричинює: а) звуження зіниці; б) розширення зіниці. За яких умов відбуваються такі зміни?

Для допитливих

Як довести існування сліпої плями на сітківці?

У місці виходу зорового нерва немає фоторецепторів — і коли світло потрапляє на неї, зображення зникає. Ви можете в цьому пересвідчитись, виконавши простий дослід. Закрийте праве око долонею і розмістіть підручник так, щоб зображення хрестика на малюнку було навпроти лівого ока. Поступово наближуйте підручник, і в певний момент зображення хрестика має зникнути. Щоб виявити сліпу пляму на правому оці, потрібно закрити ліве око, зосередити погляд на кружéчку. І так само рухати підручник. Зображення хрестика зникне.

§ 3. ПРОЦЕСИ СПРИЙНЯТТЯ ЗОБРАЖЕННЯ, СВІТЛА, КОЛЬОРУ, ПРОСТОРУ. ЗАХИСТ ЗОРУ

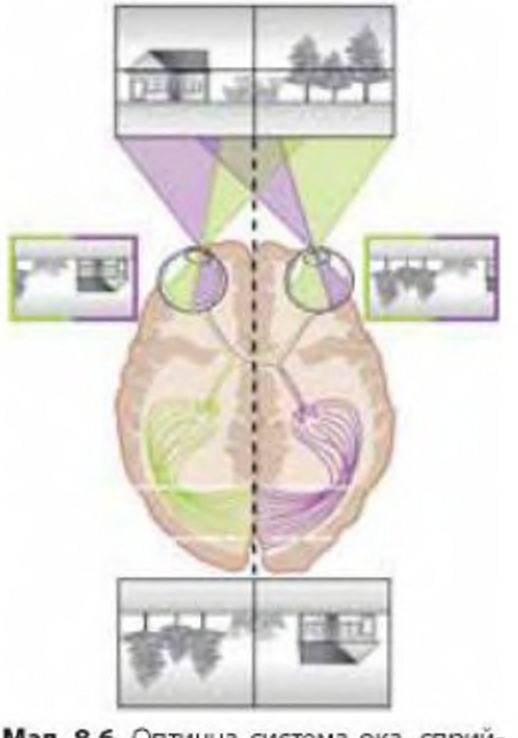
Ви дізнаєтеся, чому ми можемо бачити предмети на різній відстані та різного розміру; як ми розрізняємо кольори та чому в темряві не можемо розгледіти деталей предметів; що таке зорові ілюзії і чому вони виникають; ознайомитеся з вадами зору і довідаєтесь про те, як можна зберегти хороший зір на довгі роки.

◆ Чому коли одні предмети ми бачимо чітко, інші постають «розмитими»? Що означає вислів: «Око дивиться, а мозок бачить»?

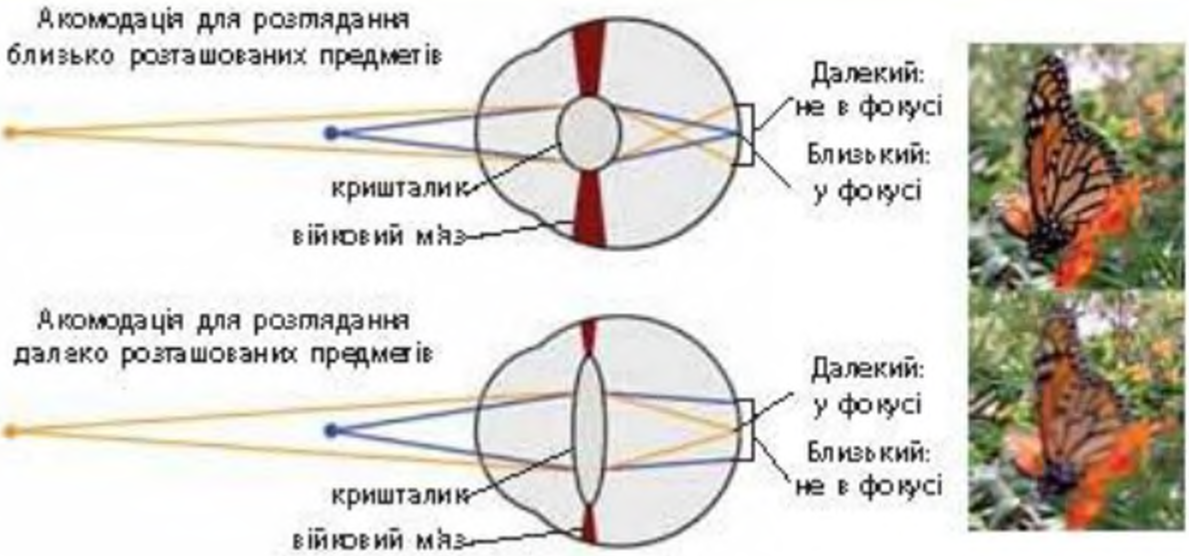
Сприйняття зображення предмета

Для того щоб людина змогла сприйняти зображення предмета, необхідно щоб промені світла, відбиті будь-якою поверхнею об'єкта, досягли фоторецепторів сітківки. Для цього промінь світла проходить через **оптичну систему ока** — *рогівку, кришталик і склисте тіло*. Усі частини оптичної системи ока здатні заломлювати світловий промінь. Проте найважливішу роль у заломленні відіграють рогівка й кришталик.

У результаті сітківка сприймає зменшене й обернене зображення предмета (*мал. 8.6*). Коли інформація від сітківки зоровим нервом потрапляє в потиличну зону кори великого мозку (зорова зона), вона розшифровується, і ми сприймаємо об'єкт у реальному вигляді.



Мал. 8.6. Оптична система ока, сприйняття та розпізнавання предметів



Мал. 8.7. Схема акомодації ока людини

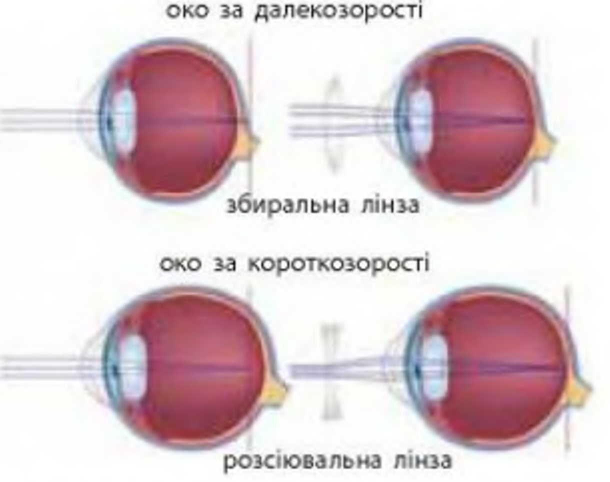
Акомодація

Зазвичай оптична система ока налаштована на сприймання предметів, розташованих далеко. Пристосування ока до бачення предметів, розташованих на різній відстані від нього, називають *акомодацією* (*мал. 8.7*). Основним елементом оптичної системи ока, що забезпечує акомодацію, є кришталик, що здатний змінювати свою форму і таким чином фокусувати зображення від предметів на сітківці. Кришталик міститься в тонкій еластичній капсулі, яка зв'язками кріпиться до війкових м'язів війкового тіла. Коли ми дивимось на предмети, що розташовані на відстані, війковий м'яз розслаблений. Це призводить до ослаблення натягу зв'язок. Кришталик набуває більш плоскої форми. Під час розглядання предметів, розташованих близько, війковий м'яз скорочується і послаблює натяг капсули кришталика. Кришталик під дією природних еластичних сил набуває більш опуклої форми. У молодих людей найближча точка чіткого бачення розміщується на відстані 7 см. Із віком здатність кришталика до акомодації фізіологічно знижується. Тому і найближча точка чіткого бачення поступово віддаляється (*вікова далекозорість*), і люди потребують окулярів для читання.

Дефекти заломлення світлових променів

Аномалії зору, пов'язані з дефектами заломлення світлових променів, називають *короткозорістю*, *далекозорістю* чи *астигматизмом*. Найчастіше вроджена *короткозорість* виникає внаслідок того, що у людини форма очного яблука видовжена в поздовжньому напрямку. У результаті промінь світла фокусується

перед сітківкою і людина нечітко бачить предмети, що розташовані на відстані. За ***далекозорості***, навпаки, очне яблуко коротше в поздовжньому напрямку, і світло фокусується за сітківкою (*мал. 8.8*). У результаті людина нечітко бачить предмети, що розташовані близько. За короткозорості носять окуляри з розсіювальними (вгнутими) лінзами, а за далекозорості — зі збиральними (опуклими).



Мал. 8.8. Схеми основних вад зору та застосування лінз для корекції вад зору

Порушення сферичної форми рогівки призводить до формування недостатньо чіткого зображення предметів на сітківці і називається ***астигматизмом***. Зір за астигматизму коригується спеціальними лінзами з нерівномірною товщиною для компенсації викривленої форми рогівки.

Окрім окулярів із лінзами для корекції вад зору, короткозорість, далекозорість, астигматизм нині лікують хірургічним методом за допомогою лазера. Ця процедура допомагає виправити форму рогівки, аби світло чітко фокусувалось на сітківці.

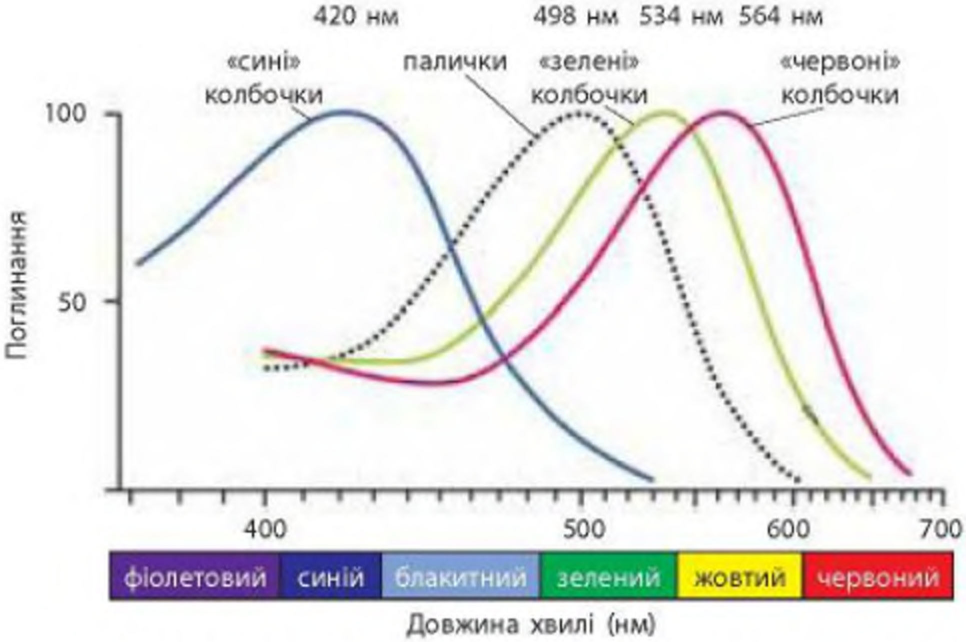
Вікові зміни, дія сонячних променів можуть призводити до помутніння кришталика й порушення проведення світла. Така патологія називається *катаракта*. Люди з катарактою ока бачать зображення предметів нечітко. На сьогодні єдиний спосіб лікування катаракти — хірургічна заміна кришталика.

Сприйняття світла й кольору

Для сприйняття зорової інформації око людини має дві системи: оптичну та світлосприймаючу. Оптична система спрямовує промінь світла на світлоприймаючу частину ока — сітківку, де фоторецептори сприймають світло та колір. Фоторецептори поділяють на два типи: ***палички*** і ***колбочки***. Вони містять спеціальний ***зоровий пігмент***, який складається зі світлочутливої частини *ретиналю* (похідний вітаміну А) та великої білкової молекули *опсину*. Коли світло потрапляє на фоторецептор, відбувається каскад молекулярних реакцій у клітині й формується електричний сигнал. Тому механізм сприйняття світла називають фотохімічним.

Виникає логічне запитання: **яким чином ми розрізняємо кольори, якщо всі фоторецептори містять однаковий зоровий пігмент?** Для відповіді на це запитання ми повинні згадати, що

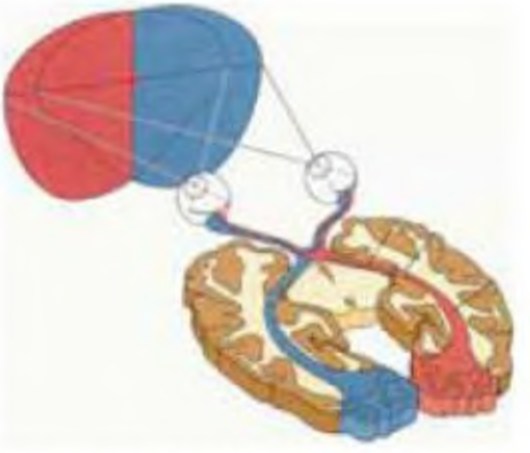
світло — це також хвилі, які мають різну довжину. Людське око здатне сприймати світло довжиною хвилі від 380 до 720 нанометрів (видимий спектр). Зорові пігменти паличок і колбочок дуже схожі, але мають різну чутливість до дії певної довжини світлових хвиль завдяки різниці у складі білка опсину. Палички мають високу чутливість до світла, але не сприймають кольори, тому вони забезпечують нам нічне бачення. У темній кімнаті або вночі ми розпізнаємо тільки форму предмета, а не його колір. Колбочки, навпаки, потребують яскравішого світла для активації і тому не працюють у темряві, а забезпечують розпізнавання кольорів за гарного освітлення. Встановлено існування *колбочок трьох типів*, які реагують на: довгі хвилі (максимум 564 нм) — «червоні»; середні хвилі (максимум 534 нм) — «зелені»; короткі хвилі (максимум 420 нм) — «сині». На малюнку 8.9 ви бачите, що криві поглинання світла для «червоних», «синіх» та «зелених» колбочок перекриваються (ніби змішуються різнокольорові фарби), і завдяки цьому людина сприймає різні відтінки кольорів. Наприклад, жовтий колір ми бачимо, коли активуються переважно «зелені» колбочки, меншою мірою — «червоні», а «сині» неактивні. Брак хоча б одного зорового пігменту колбочок спричинює розвиток спадкового колірного несприйняття — *дальтонізму*. Дальтоніки мають труднощі в розпізнаванні зеленого й червоного відтінків.



Мал. 8.9. Фоторецептори різних типів налаштовані на сприйняття світлових хвиль різної довжини

Око «дивиться», а мозок «бачить»

Процес сприймання світла й кольорів не обмежується фоторецепторами: у них відбувається лише первинна обробка зорової інформації. На поверхні сітківки розташовано 120 мільйонів паличок і приблизно 6 мільйонів колбочок, які передають нервовий імпульс до зорового нерва. Зорові нерви, що відходять від кожного ока, перехрещуються і таким чином у зоровий центр лівої півкулі надходить інформація про зображення з правого поля зору, а в праву півкулю — з лівого (*мал. 8.10*). Сприйняття зображення залежить від обробки сигналів мозком людини.



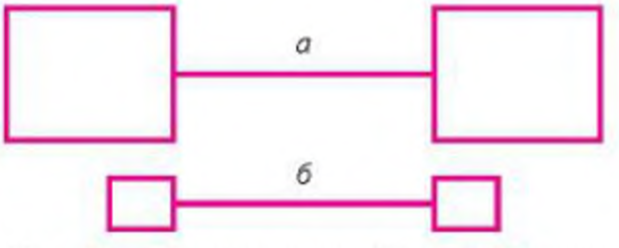
Мал. 8.10. Обробка зорових сигналів мозком людини

Сприйняття простору

Повертання голови і рухи очного яблука є додатковими процесами, завдяки яким мозок людини збільшує поле зору і полегшує сприйняття простору. Крім того, за допомогою зору ми сприймаємо рух предметів, можемо оцінити відстань до них і їхній розмір. Під час обробки зорової інформації мозком велике значення має оцінка взаємного розташування нерухомого та рухомого предметів, співвіднесення розмірів. У результаті справжня форма предмета може інколи спотворюватись під час сприйняття — це називають *зоровими ілюзіями* (*мал. 8.11*).

Визначення відстані між предметами значно полегшується, коли дивитись на них обома очима (бінокулярний зір).

Проведіть експеримент. Візьміть дві ручки або два олівці, закрийте одне око і спробуйте з'єднати їхні кінці на відстані витягнутої руки. А тепер повторіть те саме з відкритими очима. Таким чином можна переконатися, що оцінити відстань легше обома очима.



Мал. 8.11. Приклад зорової ілюзії: відстань між прямокутниками на *мал. а* та *мал. б* однакова, але деяким людям здається, що на *мал. б* — більша

Захист зору

Максимальна розподільна здатність ока сприймати окремі об'єкти має назву ***гострота зору***. Окрім уроджених аномалій чи вікової далекозорості (про це ми згадували вище), порушення

гостроти зору може розвиватися внаслідок недотримання правил гігієни зору. Тривале користування комп'ютером, читання у разі поганого освітлення або в транспорті, постійна робота з дрібними предметами, нестача в організмі вітаміну А та гіподинамія підвищують ризик розвитку короткозорості та призводять до подальшого погіршення зору. Для профілактики порушення зору під час читання, писання, малювання тощо потрібно розташовувати предмет на відстані 30–35 см від очей, а світло має падати зверху й зліва (коли людина — правша). Воно не повинно бути занадто яскравим. Під час перебування на відкритому сонці (на пляжі, у горах тощо) рекомендовано носити сонцезахисні окуляри, краще зі скляними лінзами або із захисним покриттям від дії ультрафіолетових променів.

Для профілактики порушення зору потрібно вживати їжу, що містить вітамін А, який входить до складу зорового пігменту. Нестача цього вітаміну може призвести до погіршення сутінкового зору, виникнення так званої *курячої сліпоти*.

Висновки

1. Для сприйняття зорової інформації оптична система ока (рогівка, кришталик, склисте тіло) спрямовує промінь світла на світлоприймаючу частину ока — сітківку, де фоторецептори сприймають світло та колір.
2. Зміна форми кришталика дозволяє сприймати предмети, що розміщені на різній відстані від нього, це явище називають акомодацією.
3. Фоторецептори сітківки — палички забезпечують сутінковий і нічний зір, а колбочки — денне, колірне. Інформація від сітківки зоровим нервом потрапляє в потиличну зону кори головного мозку, обробляється і сприймається в реальному вигляді.
4. Для збереження здоров'я очей потрібно дотримуватися правил гігієни зору, чергувати періоди роботи з відпочинком, використовувати правильне освітлення, носити сонцезахисні окуляри під час перебування на сонці, а також уживати їжу, яка містить вітамін А.

Терміни і поняття

Акомодація, гострота зору, колбочки, палички, зоровий пігмент, короткозорість, далекозорість, астигматизм.

Контрольні запитання

1. Поясніть, чому на сітківці зображення предмета зменшене і обернене?
2. Який компонент оптичної системи ока здатний змінювати її заломлюючу силу?
3. Завдяки чому ми розрізняємо кольори?
4. Які пристосування має мозок для збільшення поля зору?
5. Чому виникають зорові ілюзії?

Завдання

1. Схематично зобразіть взаємозв'язок між формою кришталика та чітким сприйняттям предмета, який розташовано далеко чи близько. Чому зображення, на яке ми дивимось прямо, є найчіткішим?

2. Використовуючи малюнок 8.9, поясніть, колбочки яких типів активуються, коли ми бачимо блакитний колір.

Для допитливих

Новий метод лікування кольорової сліпоти

Науковці виявили, що порушення сприйняття кольорів — дальтонізм — пов'язане з генетичним дефектом зорового пігменту.

У 2009 році колектив дослідників Університету Вашингтона (США) вирішив провести дослід на мавпах-самцях саймірі, які, на відміну від людей, у 100 % випадків є природними дальтоніками і не розрізняють зеленого й червоного кольорів. Учені мали на меті з'ясувати, чи можливо відновити сприйняття мозком кольорів, яких він не вирізняв до цього, якщо ввести в організм ген зеленого чи червоного зорових пігментів (генна терапія). Двом мавпам зробили в зону сітківки ін'єкцію матеріалу, що містив ген зорового пігменту. До початку лікування мавп навчили торкатися кольорових точок, захованих серед сірих точок екрана комп'ютера. Подібно до людей-дальтоніків, мавпи не могли відрізнити червоні та зелені точки до лікування. Через кілька тижнів після ін'єкції мавпи легко пройшли цей тест. Отже, експеримент відкриває значні перспективи для лікування вад зору за допомогою генної терапії (журнал «Nature», 16 вересня 2009 р.).

§ 4. СЛУХОВА СЕНСОРНА СИСТЕМА. ВУХО. ЗАХИСТ СЛУХУ

Ви дізнаєтеся про будову слухової сенсорної системи; про те, яким чином відбувається сприйняття та розпізнавання звуків; чому може порушуватися гострота слуху та як цьому запобігти.

- Як це так: «чути»? Як ми розрізняємо різні голоси, звуки музичних інструментів тощо?

Слухова сенсорна система

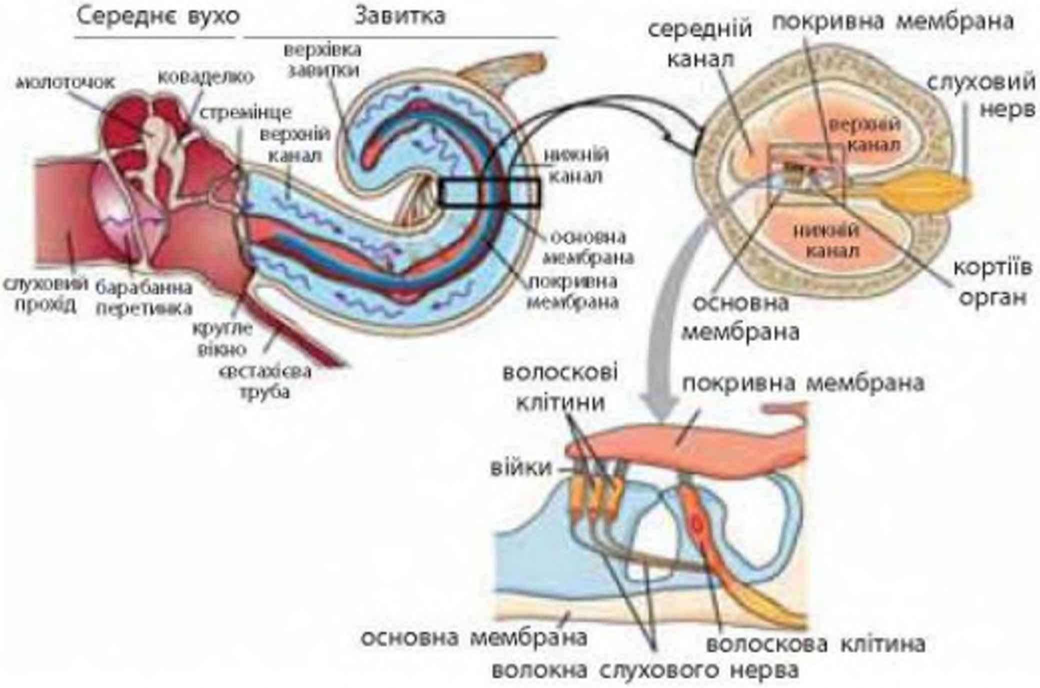
Звук рояля, гучний голос спортивного тренера, дитячий вереск створюють хвилю тиску в повітрі. Ми відчуваємо її завдяки тому, що вухо перетворює механічні стимули (хвиля тиску) в нервові імпульси, які мозок людини сприймає як звук. Цю функцію виконує слухова сенсорна система. Вона складається із *вуха* (периферична частина), *слухового нерва* (провідниковий шлях) та відділу *слухового центру кори головного мозку*, де відбувається аналіз сприйнятої звукової інформації.

Будова вуха

Вухо є органом слуху і має три частини: зовнішнє, середнє і внутрішнє вухо (*мал. 8.12*). До складу зовнішнього вуха входять *вушна раковина* та *слуховий прохід*. Основною функцією вушної раковини є спрямовування звукової хвилі до слухового проходу. Слуховий прохід має волоски та залози, які продукують вушну сірку. Вушна сірка захищає вухо від пересихання, потрапляння пилу та мікробів. Між *барабанною перетинкою* і кістковою стінкою з двома маленькими отворами, затягнутими перетинками — *овальним вікном* і *круглим вікном* — розташоване середнє вухо. Воно заповнене повітрям і з'єднане з носоглоткою за допомогою **слухової труби** (*євстахієва труба*). Під час зміни тиску атмосферного повітря, наприклад, коли ми піднімаємося в гори або швидко змінюється висота в літаку, відчуваємо «закладення» у вухах. Це тиск повітря на барабанну перетинку з боку зовнішнього вуха. Для врівноваження тиску між середнім і зовнішнім вухом нам потрібно зробити ковток, при цьому повітря із глотки потрапить у середнє вухо крізь слухову трубу.

У середньому вусі містяться три найменші кісточки тіла людини — це *слухові кісточки: молоточок, коваделко* та *стремінце*. Вони формують ланцюг важелів, який починається з молоточка, приєднаного до барабанної перетинки, і закінчується стремінцем, що впирається в *овальне вікно*. Основна роль слухових кісточок — це передавання й посилення коливань від барабанної перетинки до мембрани овального вікна.

Мал. 8.12. Будова вуха



Мал. 8.13. Схема роботи вуха під час передачі звукових коливань (пояснення в тексті параграфа)

За овальним вікном розташоване **внутрішнє вухо**, яке, на відміну від зовнішнього і середнього, заповнене рідиною. У внутрішньому вусі знаходиться слухова частина, яка має форму равлика і називається ***за́витка***. Розгляньте малюнок 8.13. Процес сприйняття звуків починається, коли звукова хвиля надходить до слухового проходу. Звукові хвилі розповсюджуються подібно до брижів на поверхні озера й досягають барабанної перетинки. Вона починає коливатись і спричинює рух молоточка, який послідовно передає коливання на коваделко й стремінце. Система слухових кісточок посилює коливання звукової хвилі майже в 20 разів. Стремінце починає рухати мембрану овального вікна, і хвиля коливання передається до рідини, що заповнює завитку. Завитка — це основна звукосприймаюча частина органа слуху — кісткова трубка, скручена як равлик, діаметром лише 9 мм. Якщо розкрутити завитку, ми побачимо, що всередині вона розділена на три канали. Усі канали заповнені рідиною.

У середньому каналі знаходяться **механорецептори** — ***волоскові клітини***. Вони розташовані на поверхні основної мембрани, яка відокремлює середній канал від нижнього. Волоскові клітини мають тоненькі вирости — війки, занурені в желеподібну мембрану (покривна мембрана), яка, подібно до парасольки, накриває клітини. Сукупність волоскових клітин називають ***кортіїв орган***.

Коли стремінце б'є по мембрані овального вікна, коливання мембрани примушує коливатись рідину всередині верхнього кана-

лу. Досягнувши верхівки завитки, хвиля коливань переходить у нижній канал і зупиняє свій рух натиском на мембрану круглого вікна. Коливання рідини примушує рухатись основну мембрану. Цей рух викликає згинання війок волоскових клітин об покривну мембрану, яка є нерухомою. У результаті механічний рух війок перетворюється на електричний сигнал, який чутливими волокнами слухового нерва прямує до слухової зони кори головного мозку, де відбувається аналіз інформації, — і ми чуємо звук.

Слухова орієнтація у просторі можлива тому, що людина має два вуха. Мозок визначає місцеперебування джерела звуку залежно від того, до якого з вух воно ближче.

Причини порушення гостроти слуху та його захист

Оскільки інфекція з ротової та носової порожнин через слухову трубу може потрапити в середнє вухо, досить часто простудні захворювання ускладнюються запаленням середнього вуха — *отитом*. Це захворювання може призвести до погіршення слуху і тому потребує ретельного лікування під наглядом лікаря. Крім того, з віком може змінитись рухливість слухових кісточок унаслідок їх зрощення. Цю ваду можна вилікувати тільки хірургічним шляхом, замінюючи слухові кісточки маленькими металевими протезами.

Найпоширеніша причина втрати слуху — руйнування волоскових клітин унаслідок негативного впливу дуже гучного звуку. Гучність звуку вимірюється в децибелах (дБ). Будь-який звук, сильніший за 80 дБ, може призвести до руйнування волоскових клітин кортієвого органа. У таблиці ви можете побачити залежність між гучністю звуку та максимальною тривалістю його постійного впливу, внаслідок якого руйнуються волоскові клітини.

Гучність звуку	Безпечна тривалість впливу
85 дБ — мотоцикл із глушником	*8 год*
90 дБ — важка дизельна вантажівка	*2 год*
100 дБ — гучний автомобільний сигнал	*15 хв*
110 дБ — музика на дискотеці	*менш ніж 2 хв*
200 дБ — вибух	*звук може бути смертельним*

Регулярне відвідування рок-концертів, прослуховування гучної музики, постійне користування навушниками, пересування на мотоциклі та тривале перебування на дорозі з активним рухом транспорту може призвести до поступової втрати слуху, а інколи навіть до повної глухоти. Робітники, які вимушені працювати в умовах постійного звукового тиску, повинні носити спеціальні захисні пристрої для вух. Також потрібно знати, що певні лікарські препарати мають побічний вплив на гостроту слуху, наприклад,

деякі антибіотики. Якщо волоскові клітини ще не повністю втрачені, гостроту слуху можна покращити за допомогою слухового апарата. За повної втрати волоскових клітин в обох вухах єдина можлива допомога — це оперативне втручання для вживлення штучної завитки (імпланта).

Слух також відіграє важливу роль у формуванні нормальної функції мовлення.

Висновки

1. Слухова сенсорна система складається: з органа слуху — вуха; слухового нерва; слухової зони кори головного мозку.
2. Вухо має три частини: зовнішнє і середнє вухо заповнені повітрям, внутрішнє вухо — рідиною.
3. У завитці внутрішнього вуха містяться слухові рецептори — волоскові клітини, які перетворюють механічні коливання рідини в завитці на нервові імпульси. Волоскові клітини — це механорецептори.
4. Звукова хвиля долає слуховий прохід, посилюється й передається через барабанну перетинку, слухові кісточки й перетинки овального вікна на рідину внутрішнього вуха, і тільки тоді досягає волоскових клітин, у яких формується нервовий імпульс.
5. Інфекційні захворювання середнього вуха (отит), тривалий вплив гучного звуку (вище 80 дБ) може пошкодити волоскові клітини і призвести до втрати слуху.

Терміни і поняття

Вушна раковина, барабанна перетинка, слухові кісточки (молоточок, коваделко, стремінце), слухова труба, завитка, волоскові клітини, кортіїв орган, овальне вікно.

Контрольні запитання

1. З яких частин складається слухова сенсорна система?
2. Які структури вуха беруть участь у передаванні звукової хвилі до завитки?
3. Як називають слухові кісточки і які їхні функції?
4. Обґрунтуйте, чому волоскові клітини завитки називають механорецепторами.
5. Поясніть, чому руйнування волоскових клітин завитки може призвести до втрати слуху?
6. Яким чином мозок розуміє, звідки надходить звук?

Завдання

1. Закінчіть схему руху звуку та інформації про нього від динаміків навушників, що вставлені у вушні раковини, до слухової зони кори головного мозку.

Звукова хвиля ⟶ *слуховий прохід* ⟶ ...

2. Знайдіть інформацію про те, яка гучність у децибелах звичайної розмови, шуму лісу, роботи пилососа, фена, двигуна легкового автомобіля, літака. Проаналізуйте, як довго ви можете перебувати в зоні дії звуку такої гучності.

Для допитливих

Як ми розрізняємо різні голоси, музичні інструменти тощо?

Мал. 8.14. Схема розпізнання завиткою звуків різної частоти

Звук — це хвиля, а будь-яка хвиля має *амплітуду* (згадайте височину хвиль на морі): що вона вища, то гучніший звук. Відповідно, якщо звукова хвиля велика (як під час шторму на морі), то потужнішим буде коливання рідини в завитці, тобто більша кількість волосків зігнеться й сильніший сигнал надійде до мозку, який має оцінити гучність звуку.

Наступною характеристикою хвилі є її *частота*, тобто кількість коливань за одиницю часу. Як ви пам'ятаєте з курсу фізики, частоту звукової хвилі характеризують кількістю коливань за секунду (герц, Гц). Вухо людини може сприймати звук під час коливання повітря в діапазоні від 16 до 20 000 Гц. Волоскові клітини різних ділянок середнього каналу чутливі до звуків різної частоти. Тому мозок аналізує частоту звуку залежно від того, з яких волоскових клітин надійшла інформація. Хвилі високої частоти, такі як звук дзвоника, сприймаються волосковими клітинами середньої частини завитки. Хвилі низької частоти, такі як звук оркестрової туби, сприймаються волосковими клітинами верхівки завитки (*мал. 8.14*).

Як працюють пристрої для захисту слуху?

Мал. 8.15. Пристрої для захисту слуху

На сьогодні існують пристрої двох типів для захисту слуху (*мал. 8.15*). Звичайні вушні затулки — *беруші*, які ви можете придбати в аптеці, виготовлені із м'якого поліуретану чи силікону. Беруші лише приглушують звук, частково блокуючи потрапляння всіх звукових хвиль у вухо. Такий захист підходить для зниження рівня шуму, наприклад, газонокосарки або снігоходу. *Електронні протектори вуха* працюють інакше. Вони ідентифікують звукові хвилі великої гучності (вище 82–90 дБ) завдяки вмонтованому в них мікрофону. У відповідь електронна система протектора генерує так звану «анти-хвилю», яка прямує назустріч звуковій хвилі великої амплітуди, і таким чином може знизити її до нуля. Отже, навіть дуже гучні звуки (наприклад, зліт реактивного літака — 160 дБ) перетворюються на легкий шум. Звуки, які потрібно чути людині, наприклад, голос, при цьому не заглушуються. Звук нижче 20 дБ, навпаки, може бути посилений. Саме такий захист органів слуху рекомендують під час роботи в умовах високого рівня шуму.

§ 5. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ РІВНОВАГИ, РУХУ, ДОТИКУ, ТЕМПЕРАТУРИ, БОЛЮ

Ви дізнаєтеся про те, як підтримується рівновага тіла при обертанні та прямолінійному русі; зможете характеризувати механорецептори шкіри різних типів, пояснювати, як ми відчуваємо температуру та біль; обґрунтувати, що таке відчуття руху.

◆ Чому жувальна гумка з ментолом здається холодною? Чому виникає морська хвороба?

Сенсорна система рівноваги

Як ви думаєте, що є спільного між прослуховуванням музики та катанням на велосипеді? Ви будете здивовані: це — участь вуха в обох процесах. У внутрішньому вусі, поряд зі слуховою частиною — завиткою — знаходиться **орган рівноваги** (вестибулярний орган), який визначає положення голови та кутове прискорення, яке виникає під час повертання голови. Відповідно забезпечує координацію рухів у просторі та рівновагу. ***Вестибулярний орган*** складається із ***отолі́тового апарату*** і трьох ***півко́лових каналів***, які, подібно до завитки, містять механорецептори — волоскові клітини, а також заповнені рідиною (*мал. 8.16*).

Механорецептори півколових каналів підтримують рівновагу під час обертальних рухів. Як це відбувається? У кожному каналі

Мал. 8.16. Схема роботи вестибулярного органа:
а) визначення обертальних рухів голови; *б*) визначення положення голови

Мал. 8.17. Модель роботи півколових каналів

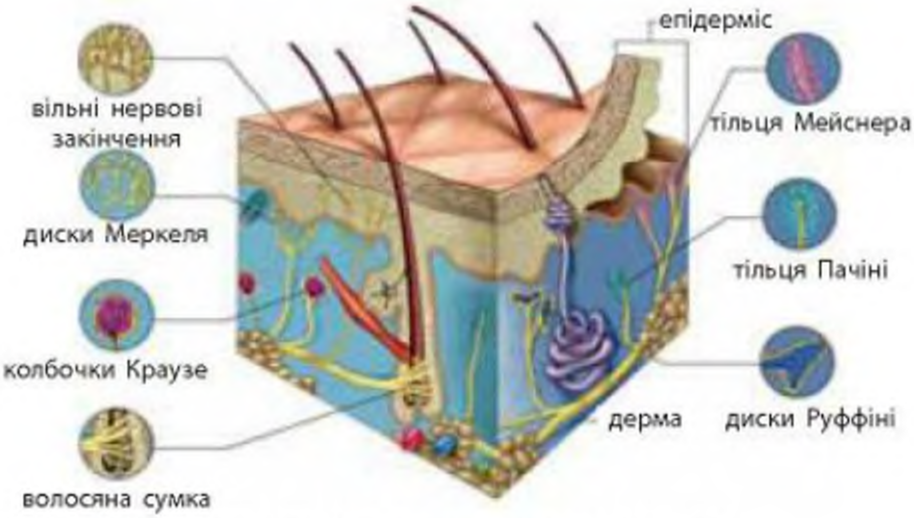
є розширення, де містяться волоскові клітини. Війки цих клітин занурені в желеподібну масу. Коли ми обертаємо голову, півколові канали звичайно повертаються разом з нею, при цьому рідина в каналах залишається на місці, а навколо неї рухаються канали. Візьміть прозору пляшку з водою, як на малюнку 8.17, обертайте її навколо і ви в цьому переконаєтесь. Рух рідини, відносно стінок каналів, зміщує желеподібну масу і таким чином зумовлює згинання війок волоскових клітин (*мал. 8.16, а*). Механічний рух війок перетворюється на електричний сигнал у волоскових клітинах, які вестибулярним нервом надходять до вестибулярних центрів стовбура мозку, а звідти — до кори головного мозку. Завдяки тому, що три півколові канали розміщені в різних площинах, то залежно від напрямку обертання голови згинаються волоски певного каналу. У результаті мозок отримує інформацію від відповідних волоскових клітин і дає сигнал скелетним м'язам розслабитись чи скоротитись для підтримання рівноваги.

Механорецептори отолітового апарату підтримують положення тіла під час прямолінійних рухів: уперед-назад, униз-угору. *Отолітовий апарат* — це два мішечки на вході в напівколові канали. Усередині вони містять волоскові клітини, які вкриті желеподібною масою із зануреними в неї кристалами кальциту (отоліти) — це *отолітова мембрана*. Коли ми нахиляємо голову, отоліти переміщуються за напрямком руху і зсувають отолітову мембрану (*мал. 8.16, б*). Це викликає згинання війок волоскових клітин і, відповідно, формування електричного сигналу, який вестибулярними нервами надходить до центру вестибулярних нервів стовбура мозку, а звідти — до кори головного мозку.

Відчуття дотику

Під відчуттям дотику науковці об'єднують сприйняття тиску, дотику, вібрації, лоскотання, яке забезпечується механорецепторами різних типів (*мал. 8.18*).

Шкіра має найбільшу чутливість до дотику. Чутливість шкіри до розпізнавання дотику неоднакова в різних її ділянках. Це пов'язано з кількістю механорецепторів і товщиною шару шкіри. Ділянки з підвищеною тактильною (на дотик) чутливістю мають тонкий шар шкіри, й на них розташовано найбільшу кількість механорецепторів (губи, кінчики пальців тощо). Меншу чутливість мають ділянки, вкриті волоссям (ноги, передпліччя тощо).



Мал. 8.18. Типи механорецепторів шкіри

Ви це можете легко перевірити експериментально, виконавши завдання в кінці параграфа.

Температурна чутливість

Ми можемо відчувати температуру предметів, повітря, води тому, що у шкірі є спеціальні чутливі рецептори — терморецептори. *Терморецептори* поділяють на два типи — *холодові і теплові.* Холодові рецептори розташовані в поверхневому шарі шкіри — епідермісі, а теплові — у верхніх і середніх шарах (де́рмі). Також терморецептори містяться в скелетних м'язах, печінці та гіпоталамусі й беруть участь у регуляції температури тіла. У шкірі теж є терморецептори, які активуються за температури понад 45 °С і можуть передавати сигнали про больові відчуття. Під час тривалої дії температурного подразника терморецептори адаптуються, тобто їхня чутливість поступово знижується. Через таку властивість за довготривалого перебування людини на холоді можуть виникати обмороження: коли охолодження відбувається повільно, небезпеку можна і не помітити.

Больова чутливість

Відчуття болю виникає в *больових рецепторах*, які розташовані в шкірі, у стінках кровоносних судин і внутрішніх органах. Ці рецептори активуються у відповідь на пошкодження тканини (наприклад, контакт із розпеченим предметом, поріз шкіри пальця). Нервові імпульси від рецепторів болю спочатку надходять у спинний мозок, а звідти — до соматосенсорної зони кори головного мозку, де і формується больове відчуття. Больові рецептори не здатні до адаптації, тому за будь-яких хірургічних втручань в організм людини треба використовувати знеболювання чи наркоз.

Відчуття пози та руху тіла

Рецептори руху — ***пропріорецептори*** (від лат. *proprius* — власний, особливий) — це м'язові веретена, сухожильні органи та суглобні рецептори. За їх допомогою, без участі зору, можна досить точно визначити положення рук і ніг у просторі; напрямок і швидкість їхнього руху; силу, що розвивають м'язи під час рухів.

Висновки

1. Орган рівноваги — вестибулярний орган, який складається із отолітового апарату і трьох півколових каналів, які містять механорецептори — волоскові клітини.
2. Вестибулярний орган забезпечує визначення положення голови та кутове прискорення, яке виникає під час повертання голови.
3. Шкіра містить найбільшу кількість механорецепторів, що забезпечують сприйняття тиску, дотику, вібрації, лоскотання.
4. Відчуття температури забезпечується холодовими терморецепторами епідермісу та тепловими терморецепторами дерми.
5. Активація больових рецепторів зумовлює передачу сигналу до соматосенсорної зони кори головного мозку, де формується больове відчуття.
6. Відчуття пози й руху тіла та його окремих частин забезпечується пропріорецепторами.

Терміни і поняття

Вестибулярний орган, півколові канали, отолітовий апарат, пропріорецептори.

Контрольні запитання

1. Опишіть будову вестибулярного органа.
2. Що таке відчуття дотику? Чому шкіра може відчувати тиск, дотик, вібрацію, лоскотання?
3. Як відбувається сприйняття тепла і холоду?
4. Чому людина відчуває біль? Чи можна звикнути до болю?
5. Завдяки яким рецепторам ми відчуваємо положення і швидкість руху кінцівок?

Завдання

Мал. 8.19. Схема проведення тесту на визначення тактильної чутливості

Проведіть тест на визначення тактильної чутливості (на дотик) різних ділянок шкіри (долонь і тильної поверхні руки), так званий тест на розпізнавання двох різних точок за одночасного дотику. У нормі людина здатна сприймати відстань між точками дотику, що дорівнює 3–6 мм, на ділянках з найбільшою щільністю чутливих рецепторів (долоні, губи).

Тест виконується в парах (*мал. 8.19*): 1) виготуйте пристрій для вимірювання чутливості, як на малюнку; 2) піддослідні учень чи учениця повинні закрити очі; 3) дослідник спочатку торкається кінчика пальця, далі зовнішньої частини руки (торкайтесь обома кінчиками зубочисток, на які натискаєте з однаковою силою, але щоб не викликати появи білих плям на шкірі навколо місця дотику); 4) після кожного дотику піддослідні говорять, скільки точок дотику вони відчувають; 5) зробіть висновок про ступінь дотикової чутливості пальців і тильної поверхні шкіри руки.

§ 6. СЕНСОРНІ СИСТЕМИ СМАКУ ТА НЮХУ

Ви дізнаєтеся про процеси сприйняття смаку та запаху; зможете пояснити, чим сприйняття запаху та смаку відрізняється від сприйняття інших подразників; про те, які п'ять смаків розпізнає людина та скільки рецепторів запаху вона має.

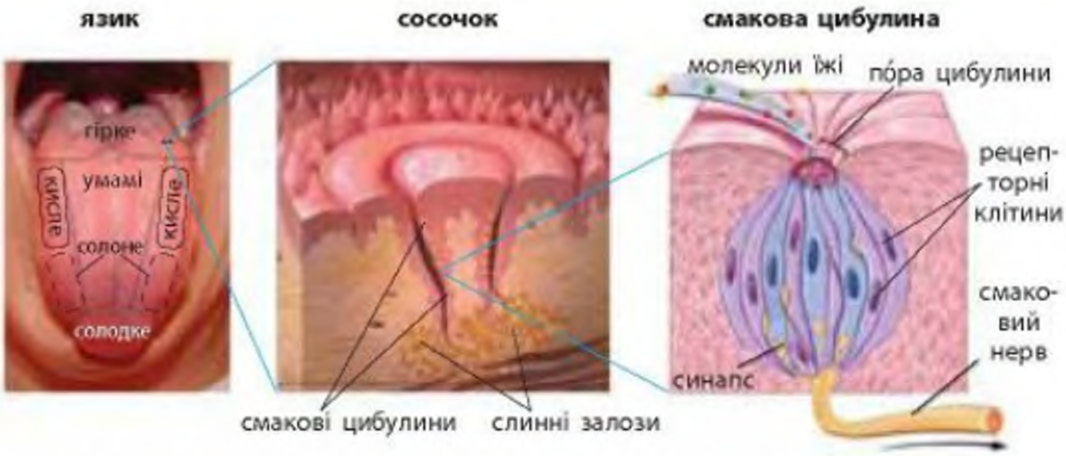
◆ Як ми розрізняємо такі різні смаки? Чому, коли ми нервуємо, не відчуваємо смаку їжі? Що таке смак «умамі»?

Здатність організму сприймати хімічні подразники зумовлює відчуття смаку і нюху. Тому рецептори, що відповідають за ці відчуття називаються **хеморецепторами** (від грец. *chemo* — що належать до хімічних речовин). Хеморецепція як найпримітивніше відчуття, наявна майже в усіх тварин. У результаті активації хеморецепторів хімічний сигнал перетворюється на електричний, який нервовими шляхами надходить до кори головного мозку, а вона «сповіщає» нам, що саме ми нюхаємо чи їмо.

Смакова сенсорна система

Смакові рецептори розташовані на язиці в спеціальних структурах — *смакових цибули́нах*, яких у дорослої людини приблизно 3000. Більшість смакових цибулин розміщена вздовж стінок маленьких виростів на язиці — **сосочків**. Якщо ви розглянете власний язик у дзеркалі, то неозброєним оком побачите ці структури (*мал. 8.20*).

Якщо ви подивитеся на будову смакової цибулини під мікроскопом, то з'ясуєте, що вона складається з кількох видовжених *смакових рецепторних клітин* — це видозмінені епітеліальні клітини. Вони мають вирости — ворсинки, які висуваються у *смакову по́ру*. Смакова пора з'єднує смакову цибулину з порожниною рота. На ворсинках містяться хеморецептори, які сприймають розчинені в слині молекули їжі (*мал. 8.20*).



Мал. 8.20. Розміщення смакових рецепторів. Будова смакової цибулини

Згадайте, якщо ви нервуєте і одночасно їсте, вам здається, що страви не мають смаку. Одна з причин того, що під час стресу в людини зменшується виділення слини, — явище «пересихання в роті», і смакові рецептори отримають набагато менше розчинених молекул їжі для аналізу. Смакові рецепторні клітини перетворюють хімічний стимул у нервовий імпульс, який передається чутливими нервовими волокнами в смаковий центр кори головного мозку.

Людина здатна розпізнавати п'ять смаків. Чотири вам добре відомі. Це смаки солоного, солодкого, кислого й гіркого. П'ятий смак — ***смак «умамі»*** (в японській мові це слово означає «смачний»), який ми сприймаємо як «смак м'яса». Таке відчуття викликає в нас амінокислота глутамат, яку у вигляді підсилювача смаку натрію глутамату додають до ковбасних і м'ясних виробів тощо.

Учені довели, що певна смакова рецепторна клітина здатна розпізнавати лише один із п'яти смаків. Будь-яка ділянка язика має смакові рецептори всіх п'яти смаків, але в різних співвідношеннях.

Тож більшість їжі, яку ми вживаємо, одночасно активує рецептори різних смаків. Остаточне відчуття смаку їжі — це результат роботи насамперед смакових центрів головного мозку, які дають нам відчуття «усередненого смаку».

Нюхова сенсорна система

Здатність людини відчувати запах залежить від ***нюхових рецепторних клітин***. Це — особливі нервові клітини, які розташовані в слизовій оболонці носової порожнини. На поверхні клітини є вирости (потовщенні дендрити), які занурені в слиз носової порожнини і сприймають пахучі молекули, що надходять із повітрям, яке ми вдихаємо (*мал. 8.21*).

Науковці відкрили рецепторні білки до більш ніж 1000 різних запахів. Кожна нюхова рецепторна клітина має лише один із 1000 видів рецепторних білків. У дорослої людини приблизно

10–20 мільйонів нюхових рецепторних клітин, нервові волокна від них надходять до нюхової цибулини, де відбувається первинна обробка інформації про запахи. Американська дослідниця Лінда Бак у 2004 р. здобула Нобелівську премію за відкриття «нюхових рецепторів і організації системи органів нюху», зокрема їй удалося розгадати систему кодування запахів.

Кролик має 100 мільйонів нюхових рецепторних клітин, більшість собак — 1 мільярд. Собаки-шукачі, породи яких спеціально виводили з метою підвищення нюхової чутливості, мають 4 мільярди нюхових рецепторів.

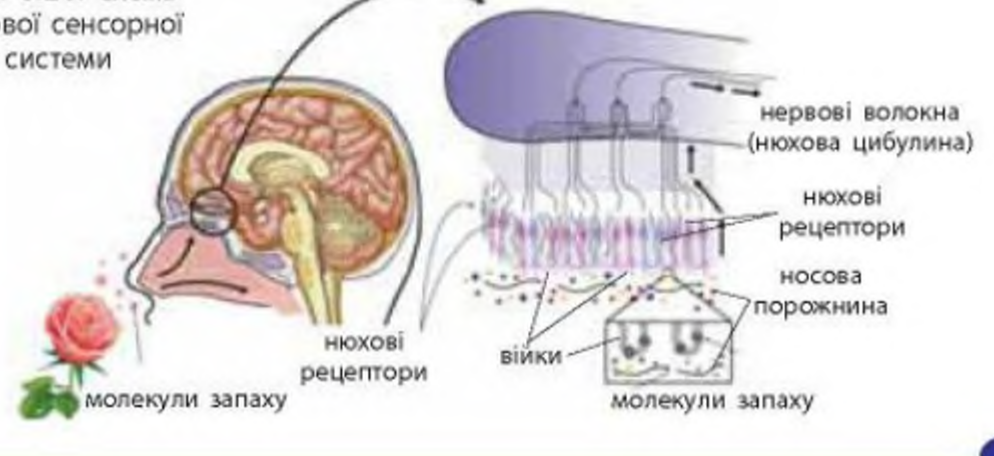
Будь-який запах (наприклад, аромат троянди) містить багато молекул запаху (*на мал. 8.21 зображені кружечками різного кольору*). Залежно від того, які нейрони нюхової цибулини були активовані, інформація надходить до нюхового центру головного мозку й аналізується.

Чи помічали ви, що інколи аромат нагадує вам про якусь подію (наприклад, запах хвої ялинки нагадує про веселі новорічні свята) або знайому вам людину (наприклад, запах улюблених маминих парфумів нагадує вам про маму). Це пов'язано з тим, що від нюхової цибулини частина нервових волокон надходить до так званого *центру емоцій у мозку — лімбічної системи*. Це зумовлює наявність емоційного компонента в нюховому сприйнятті. Запах може викликати задоволення чи огиду тощо.

З віком кількість нюхових рецепторних клітин зменшується. Людина, яка зловживає тютюном, також дуже швидко втрачає можливість сприймати тонкі відтінки запахів. Втрата нюху внаслідок травми голови, хронічної інфекції дихальних шляхів і захворювань мозку називається *аносмія*. Інколи це дуже небезпечно: людина не зможе відчути запах пожежі, природного газу, що витікає, зіпсованих продуктів харчування.

Важливо знати, що природний газ, який використовують у побуті, безбарвний та не має запаху. Тому до його складу дода-

Мал. 8.21. Схема нюхової сенсорної системи



ють пахучу речовину етилмеркаптан, щоб людина могла на нюх відчути витікання газу.

Запах також відіграє вагому роль у сприйманні смаку їжі. Хоча центри смаку та нюху знаходяться в різних зонах кори головного мозку, ці два відчуття взаємопов'язані. Їжа має смак та запах, коли ж у вас нежить, їжа здається несмачною, адже ми не відчуваємо її запаху.

Висновки

1. Смакові та нюхові рецепторні клітини — хеморецептори.
2. Хеморецептори перетворюють хімічний сигнал на електричний, який надходить до смакової чи нюхової зони кори головного мозку, яка нам ісповіщає про те, що саме ми їмо чи намагаємося розпізнати на нюх.
3. Відчуття смаку формується під час взаємодії молекул їжі зі смаковими рецепторними клітинами, які об'єднані в смакові цибулини язика. Людина розрізняє такі смаки: солодке, солоне, кисле, гірке та смак «умамі» («м'ясо»).
4. Нюхові рецепторні клітини — видозмінені нервові клітини, що розташовані у верхній частині носової порожнини та сприймають молекули запаху, який надходить із повітрям. Існує близько 1000 видів нюхових рецепторів.
5. Відчуття смаку тісно пов'язане зі сприйняттям запаху.

Терміни і поняття

Смакова цибулина, смакові рецептори, смак «умамі», нюхові рецептори.

Контрольні запитання

1. Що подібного між сенсорними системами смаку та нюху?
2. Яка будова смакової цибулини? Яка її частина сприймає смак?
3. Які п'ять смаків розпізнає сенсорна система смаку людини?
4. Скільки різних молекул запаху може розпізнати нюхова сенсорна система? Чи може одна рецепторна клітина сприймати різні запахи?
5. Чому певний аромат може викликати зміну емоційного стану людини?

Завдання

1. Якщо покласти на язик невеличку грудочку смакової добавки натрію глутамату, вам буде здаватися, що ви куштуєте м'ясо. Чому?

2. Якщо в кімнаті, де стоїть затхлий запах, ви розпилите освіжувач повітря, чи будете ви відчувати аромат цього побутового засобу? Обґрунтуйте відповідь, зважаючи на здатність нюхових рецепторних клітин сприймати молекули запаху.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що сенсорна система складається з органа чуття з рецепторами, провідникового шляху та чутливої зони в мозку, і що порушення роботи будь-якого компонента сенсорної системи може призвести до втрати певного відчуття.

2. Ми дізналися, що кожен вид рецепторів сприймає тільки відповідний йому подразник і у відповідь генерує електричний сигнал.
3. Ми усвідомили, що залежно від характеру подразника розрізняють: механорецептори — сприйняття звуку, положення і руху тіла, дотику, вібрації, тиску, розтягнення; хеморецептори — сприйняття смаку, запаху; фоторецептори — сприйняття світла й кольору; температурні рецептори — сприйняття холоду, тепла; ноцицептори (больові рецептори) — сприйняття болю.
4. Ми запам'ятали, що оптична система ока пропускає й заломлює світло так, що світлові промені фокусуються на сітківці — світлосприймальній частині ока, що містить фоторецептори (палички і колбочки), у яких під дією світла формується електричний сигнал.
5. Ми довідалися, що зовнішнє вухо спрямовує звукові коливання на барабанну перетинку, далі вони посилюються слуховими кісточками і передаються через овальне вікно на рідини завитки, що спричинює формування електричних сигналів у волоскових клітинах.
6. Ми усвідомили, що необхідно дотримуватися правил гігієни зору й слуху, щоб запобігти їх порушенням.
7. Ми дізналися, що сприйняття смаку та запаху забезпечують хеморецептори. Людина здатна розпізнавати 5 смаків і 1000 видів запахів.
8. Ми зрозуміли, як складно влаштовані сенсорні системи і що кожна людина має індивідуальні особливості відчуттів. Це забезпечує їй зв'язок із зовнішнім середовищем.
9. Ми зрозуміли, що сенсорні системи мають здатність до адаптації залежно від умов (сили подразника, тривалості його дії тощо).

Σ Знаю — вмію

- Я знаю, з яких компонентів складаються сенсорні системи.
- Я розумію, що є різні види рецепторів і кожен з них здатний генерувати нервовий імпульс у відповідь на дію тільки відповідного подразника.
- Я вмію розпізнати компоненти сенсорних систем та органів чуття на малюнках.
- Я знаю, що очне яблуко утворене трьома оболонками (склера, судинна і сітківка) та передньою і задньою камерами, які розділені кришталиком і райдужкою.
- Я вмію пояснити функції компонентів очного яблука та допоміжного апарату ока.
- Я розумію, що таке акомодація і як вона відбувається.
- Я знаю відмінності паличок і колбочок.
- Я зрозуміла, що таке сліпа пляма і чому вона є на сітківці.
- Я знаю, що вухо людини складається з трьох частин, зовнішнє і середнє заповнені повітрям, а внутрішнє — рідиною.
- Я знаю, де розміщені слухові рецептори.
- Я можу пояснити, як відбувається механізм слухового сприйняття.
- Я розумію, що нюхові й смакові рецептори є хеморецепторами, які здатні сприймати тільки один вид пахучих чи смакових молекул.
- Я розумію, яке значення мають нюхова й смакова сенсорні системи.
- Я дізналася про будову й функції вестибулярного органа.
- Я знаю, які рецептори є в шкірі і які відчуття вони забезпечують.
- Я зрозумів, як людина сприймає і коригує рухи власного тіла.
- Я дізналася про найбільш поширені захворювання органів зору й слуху та усвідомила заходи запобігання їм.

ВИЩА НЕРВОВА ДІЯЛЬНІСТЬ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- особливості функціонування головного мозку;
- взаємозв'язок мозкової діяльності та темпераменту;
- механізми виникнення і функціонування рефлексів, відмінності між умовними та безумовними рефлексами;
- особливості мислення людини;
- різновиди сну;
- різноманітність біоритмів людини

§ 1. ПОНЯТТЯ ПРО ВИЩУ НЕРВОВУ ДІЯЛЬНІСТЬ. БЕЗУМОВНІ ТА УМОВНІ РЕФЛЕКСИ. ІНСТИНКТИ

Ви дізнаєтеся про те, що таке вища нервова діяльність, які процеси відносять до вищої нервової діяльності, які є види рефлексів.

◆ Чи всі рефлекси вроджені? Чому при сильному неочікуваному звуку повертаємо голову в бік його джерела? Що ж таке інстинкти і якими вони бувають?

Нервова система регулює роботу різних органів, відіграє ключову роль у сприйнятті інформації із зовнішнього середовища, але важлива її роль полягає ще й у регуляції поведінки людини.

Що ж таке поведінка з точки зору фізіології? ***Поведінка*** — відповідний укладений спосіб взаємодії живого організму з довкіллям. Це складний набір пристосувань, спрямованих на задоволення потреб організму. Поведінка проявляється відповідними рухами та діями, визначається здатністю організму змінювати свої дії під впливом зовнішніх і внутрішніх чинників і тому має важливе пристосувальне значення.

Вища нервова діяльність (**ВНД**) — сукупність різноманітних форм спільної діяльності кори півкуль великого мозку і підкіркових структур, яка забезпечує взаємодію організму з навколишнім середовищем, перебіг поведінкових реакцій людини.

Процеси нервової регуляції роботи внутрішніх органів, такі як посилення чи зниження секреції травних соків, розширення чи звуження судин, не відносять до поведінкових реакцій. А от втеча від небезпеки, захист нащадків, пошук їжі, освоєння нових способів діяльності (наприклад, навчання) — є процесами вищої нервової діяльності.

Поведінкові реакції, на яких базуються складні взаємодії людини з навколишнім середовищем, здійснюються під керівництвом вищих відділів ЦНС — кори півкуль головного мозку та підкіркових центрів. Основною формою діяльності нервової системи є рефлекс. Із попередніх тем підручника (Вступ, Тема 7) ви вивчили, що таке рефлекс і рефлекторна дуга та яке значення рефлексів у регуляції роботи організму.

Рефлекси поділяють на безумовні та умовні. ***Безумовні рефлекси*** є *вродженими* й передаються від покоління до покоління; є *видоспецифічними*, позаяк властиві для представників того чи іншого виду та визначають певну, чітко окреслену програму поведінки, яка забезпечує пристосування до стабільних умов життя; є дуже *стійкими*, тобто не згасають протягом життя.

До основних видів безумовних рефлексів належать дихальні, харчові, захисні, орієнтувальні та статеві.

Особливо чітко вияв безумовних рефлексів можна спостерігати у новонародженої дитини. Початок її дихання відбувається за рахунок безумовного дихального рефлексу — рефлекторних дихальних рухів, що забезпечують вдих і видих. Ссання молока — це безумовно рефлекторна реакція, яка запускається при першому прикладанні дитини до грудей матері. Коли ми направляємо ліхтарик на око немовляти, спрацьовує безумовний захисний рефлекс — звуження зіниці.

Мал. 9.1. Приклади інстинктів: харчовий (*а*), ігровий (*б*), материнський (*в*)

Деякі безумовні рефлекси не проявляються відразу після появи на світ людини (тварини), а формуються поступово в процесі дозрівання ендокринної, нервової, статевої систем. Наприклад, *статеві рефлекси*, що пов'язані з розмноженням і турботою про нащадків, проявляються в період статевого дозрівання. *Орієнтувальний рефлекс*, який ще називають рефлексом «що це таке?», — комплекс реакцій організму, спрямованих на створення умов для кращого сприйняття нового або біологічно важливого подразника. Наприклад, так відбувається безумовно-рефлекторне повертання голови в бік звуку.

Крім безумовних рефлексів, до складу природженої поведінки входить велика група складних поведінкових реакцій, які називаються інстинктами. ***Інстинкт*** — складна система безумовних рефлексів, які є ланцюговими, тобто здійснюються один за одним. Різні інстинкти відіграють важливу роль у житті людини і тварин і мають важливе біологічне значення в пристосуванні організму до навколишнього середовища. Одні з них забезпечують фізичне виживання особини (питний, харчовий, оборонний тощо), інші — виконання певної соціальної ролі (статевий, материнський (батьківський), територіальний тощо). А такі інстинкти, як до-

слідницький, імітаційний, ігровий, важливі у саморозвитку особини (*мал. 9.1*).

Інстинкти — це видова форма поведінки, що здійснюється за тією самою схемою в різних особин виду. Втім, у різних особин вони можуть проявлятися дещо неоднаково через вроджені особливості нервової системи та досвід, набутий у попередні періоди життя.

У людини інстинкти можуть проявлятися по-різному, залежно від її внутрішніх потреб, конкретної ситуації, змінюватися з віком. Вони значною мірою підпорядковані її свідомій діяльності, що формується в процесі виховання. Так, інстинкт самозбереження відступає на другий план у тих, хто обороняє Батьківщину, захищає близьких людей. Разом з тим слід враховувати, що в ряді випадків, коли контроль кори мозку над підкірковими структурами слабшає (наприклад, у стані сну, сп'яніння, внаслідок дії наркотиків тощо), інстинктивна діяльність проявляється в яскравій формі (наприклад, у формі підвищеної сексуальності, агресивності).

Окрім безумовних рефлексів та вроджених інстинктивних дій, у житті людини дуже важливу роль відіграють ***умовні рефлекси*** та складні форми поведінки, що на них ґрунтуються. Вчення про умовні рефлекси розробив І. П. Павлов (*мал. 9.2*). Він звернув увагу на те, що діяльність кори головного мозку не тільки пов'язана з прямим впливом біологічно важливих подразників, а й залежить від умов, які супроводжують ці подразнення.

Наприклад, у собаки слиновиділення починається не лише тоді, коли їжа потрапляє в рот, а й коли собака бачить їжу, відчуває її запах або як тільки побачить людину, яка завжди її годує. І. П. Павлов пояснив це явище, розробивши метод умовних рефлексів.

Отож, **умовні рефлекси** — індивідуальні, набуті рефлекторні реакції, вони виробляються на основі безумовних рефлексів. Їхні ознаки:

- можуть виникати протягом усього життя організму;
- індивідуальні (неоднакові у різних особин одного виду);
- у їх здійсненні основна роль належить корі великого мозку;
- мінливі, легко виникають і легко зникають залежно від умов, у яких перебуває організм.

Мал. 9.2. Документальне фото одного з експериментів у лабораторії І. П. Павлова

Висновки

1. Вища нервова діяльність — сукупність різноманітних форм спільної діяльності кори півкуль великого мозку і підкіркових структур, яка забезпечує перебіг поведінкових реакцій людини.
2. Безумовні рефлекси — це видові, природжені, відносно постійні реакції організму на дію факторів зовнішнього і внутрішнього середовища, що здійснюються за допомогою нервової системи.
3. Інстинкт — це складна система безумовних рефлексів, що сприяє збереженню виду.
4. Рефлекси поділяються на безумовні (вроджені) та умовні (набуті).

Терміни і поняття

Вища нервова діяльність, поведінка, безумовний рефлекс, умовний рефлекс, інстинкт.

Контрольні запитання

1. Наведіть приклади процесів, які відносять до вищої нервової діяльності.
2. Які є види безумовних рефлексів?
3. Які є види умовних рефлексів?
4. Що називають інстинктом? Яке значення інстинктів?
5. Чим різняться безумовні та умовні рефлекси?

Завдання

Проведіть дослідження колінного та зіничного рефлексів. Об'єднайтеся у групи (2–4 особи). Для спостереження колінного рефлексу легенько постукайте по сухожилку під наколінником одному з учнів неврологічним молоточком. Для виявлення зіничного рефлексу проведіть спостереження за зміною діаметра зіниці одного з колег чи колежанок у разі зміни освітлення (спочатку в умовах затінення обличчя, потім — під час яскравого освітлення). Складіть схему рефлекторної дуги кожного з рефлексів. Порівняйте ці рефлекси та їхні рефлекторні дуги.

§ 2. МЕХАНІЗМ ФОРМУВАННЯ УМОВНИХ РЕФЛЕКСІВ. НАВИЧКИ

Ви дізнаєтеся про те, як формуються умовні рефлекси, яке їхнє значення в житті людини, як формуються навички і що таке динамічний стереотип.

◆ Чи можуть рефлекси зникати? Чому змінити якісь завчені рухи важче, ніж вивчити нові? Який механізм набуття нових навичок? Чому в стані алкогольного сп'яніння поведінка людини стає некерованою?

Як саме формуються умовні рефлекси, як вони зберігаються і зникають? Основною вимогою для формування умовного рефлек-

су є наявність двох подразників: безумовного, який має біологічне значення (вид їжі спричиняє слиновиділення, світло ліхтарика — звуження зіниці) та умовного, нейтрального для людини чи тварини (дзвоник, світло є байдужими для реакції слиновиділення). Класичним прикладом формування умовного рефлексу є виділення слини собакою на звучання дзвоника (*мал. 9.3*).

Тварині пропонували два подразники: один — безумовний, який має біологічне значення і викликає слиновиділення (їжа, *мал. 9.3, а*); другий — байдужий для процесу живлення (дзвінок, *мал. 9.3, б*). Ці подразники поєднували в часі так, щоб дія дзвоника на кілька секунд випереджувала споживання їжі (*мал. 9.3, в*). Після кількох повторень слина починала виділятися під час звучання дзвоника без подавання їжі (*мал. 9.3, г*). Отже, дзвоник — це умовний подразник, оскільки він є умовою, за якої проходило споживання їжі. Фізіологічну реакцію слиновиділення, яка відбувається внаслідок дії умовного подразника (дзвоника), називають умовним рефлексом.

Розглянемо вимоги, необхідні для формування умовних рефлексів:

1. Збіг дії двох подразників — нейтрального для даного виду діяльності, який надалі стає умовним сигналом, і безумовного подразника, який викликає певний безумовний рефлекс. Дія умовного подразника має випереджувати дію безумовного (на 1–5 с).
2. Безумовний подразник має бути біологічно сильним, а умовний — володіти помірною силою.
3. Підкріплення умовного подразника безумовним має бути кількаразовим.

Мал. 9.3. Формування умовних рефлексів

4. Активний стан кори великого мозку, адже, наприклад, під час глибокого сну чи під дією наркозу умовні рефлекси не виробляються.

5. Відсутність сторонніх подразників. За таких обставин умовні рефлекси формуються швидше, під час сильної втоми — дуже повільно.

Які саме біологічні основи формування умовних рефлексів? Передусім розглянемо два важливі процеси нервової діяльності — ***збудження*** та ***гальмування***. Процеси збудження посилюють ту чи іншу функцію або діяльність усього організму, а процеси гальмування, навпаки, — пригнічують їх. На кору великих півкуль одночасно впливає велика кількість різноманітних подразників, але на значну частину подразників організм не реагує, оскільки збудження, спричинені ними, гальмуються.

Дія умовного подразника завжди викликає слабкий осередок збудження у відповідній зоні кори мозку. Після цього безумовний подразник створює у відповідних підкіркових ядрах і ділянці кори великих півкуль інший, сильніший осередок збудження, який відволікає на себе імпульси першого (умовного), слабшого подразника. У результаті між цими ділянками кори великих півкуль виникає *тимчасовий нервовий зв'язок*, що зумовлений змінами ефективності синаптичної передачі між нейронами. В результаті кожного повторення (тобто підкріплення) цей зв'язок стає міцнішим за рахунок того, що виникають нові синаптичні зв'язки. Умовний подразник перетворюється в сигнал умовного рефлексу.

Умовні рефлекси можна виробляти не лише на основі безумовних, а й на основі раніше набутих умовних рефлексів, які стали достатньо міцними. Це *умовні рефлекси вищого порядку*.

Умовні рефлекси поділяють на *природні* і *штучні*. Природні виробляються на зміни навколишнього середовища і завжди супроводжують відповідний безумовний рефлекс. Наприклад, запах, вигляд їжі є природними сигналами самої їжі. Штучні умовні рефлекси виробляються на подразнення, які не мають природного зв'язку з безумовно рефлекторною реакцією. Наприклад, слиновиділення на дзвінок чи на світло.

Умовні рефлекси формуються протягом життя. На відміну від безумовних рефлексів, які не згасають протягом життя, значна частина умовних рефлексів із часом згасає у відповідь на зміни умов існування організму. *Згасання умовних рефлексів* називають *гальмуванням*, яке буває зовнішнім чи внутрішнім. Наприклад, у собаки згасатиме описаний умовний рефлекс слиновиділення на світло, якщо її перестануть годувати після дзвінка. Це різновид

внутрішнього гальмування. Також умовні рефлекси гальмуються під час дії сильних зовнішніх подразників, які збуджують нові осередки в мозку — *зовнішнє гальмування*. Наприклад, у собаки умовний рефлекс слиновиділення на дзвінок припиняється відразу, як тільки показати їй кішку. Так відбувається гальмування уже недоцільних умовних рефлексів. Також усім відомо, що відбувається, коли переносять вимикач світла. Він був праворуч від дверей, і, відкриваючи двері, людина підіймала руку і вмикала світло. Але після ремонту вимикач перемістили ліворуч. Спочатку чимало разів людина шукатиме вимикач справа, і, не знайшовши, згадуватиме про зміну його розміщення. Так згасатиме один умовний рефлекс і формуватиметься інший.

Отже, біологічне значення умовних рефлексів полягає в тому, що вони є пристосувальними реакціями організму, особливо в мінливих умовах існування. Змінюються умови — змінюється набір умовних рефлексів. Багато умовних рефлексів формуються як певні реакції на час: наприклад, під час щоденного годування дітей чітко за розкладом травні соки виділятимуться ще до споживання їжі. Такі рефлекси дають можливість заздалегідь пристосуватись до умов. На основі умовних рефлексів формуються навички, які відіграють дуже важливу роль у житті людини.

Навички — такі способи виконання дій, за яких завдяки багаторазовому повторенню вони стають автоматичними, тобто виконуються підсвідомо (наприклад, гра на музичних інструментах, уміння плавати, кататися на велосипеді, водити автомобіль, говорити іноземною мовою тощо). В основі формування навичок лежить утворення динамічних стереотипів.

Динамічний стереотип — система послідовних закріплених тимчасових нервових зв'язків (умовних рефлексів), що формуються незмінним (стереотипним) порядком дії подразників. Динамічний стереотип чимось нагадує ланцюжок безумовних рефлексів — інстинкт. Але, на відміну від інстинктів, він не є вродженим, а формується протягом життя, тому є набутим та індивідуальним.

Більшість дій основних видів трудової і побутової діяльності людина тривалий час повторює в певній послідовності. Це сприяє утворенню єдиного ланцюга рефлексів, у якому рефлекторна реакція на перший подразник є пусковим моментом для всього ланцюга. Уміння писати, набирати текст на клавіатурі комп'ютера, ходьба, біг, катання на роликах, лижах, велосипеді, користування ложкою, виделкою та ножем та інші рухові навички — є яскравим прикладом динамічних стереотипів (*мал. 9.4*).

Динамічні стереотипи полегшують виконання багаторазово повторюваних дій.

Мал. 9.4. Динамічні стереотипи: біг (*а*), танці та гра на музичних інструментах (*б*), плавання (*в*), катання на велосипеді (*г*)

Формування навичок відбувається поетапно. Наприклад, дитина вчиться читати. На першому етапі вона оволодіває окремими елементами дії (скажімо, вивчає абетку), на другому — об'єднує вивчені елементи у цілісну дію (вчиться складати літери у слова), на третьому — тренує свої дії з метою надання їм плавності, швидкості, зняття напруження, тобто звільнення свідомості від їхнього виконання (вільне читання).

Складні рухові навички теж утворюються поступово. На початку повторення якоїсь дії рухи не координовані, хоча і виконуються під контролем свідомості. Людина робить зайві рухи. Під час багаторазового виконання певних рухів збудження концентрується у тих нервових центрах, які відповідають за їх виконання. Поступово навички виконуються автоматично, підсвідомо. Лише коли допущено помилку, тобто здійснено рухи, які не досягають запрограмованого результату, виявляється орієнтувальний рефлекс: виникає збудження, яке розгальмовує зв'язки автоматичної навички з корою великого мозку, і рухи знову починають контролюватися свідомістю. Після виправлення помилки навичка переходить у автоматичний режим.

Досконалість виконання завчених рухів і дій може поступово зменшуватись. Основними причинами згасання рухових навичок є нерегулярні повторення раніше засвоєних рухів і дій, а також перевтома і негативні емоції. Навички легше формуються у дитячому й підлітковому віці, ніж у дорослому. Тому

використовуйте час для формування багатьох побутових (уміння шити, вишивати, ремонтувати), спортивних, розумових (вивчення іноземної мови) навичок.

Часто помилково ототожнюють поняття «навички» і «звички». ***Звички*** — це такі дії, які стали потребою кожної людини і, відповідно, часто виконуються нею. Усі мають навичку (тобто вміють) зачиняти за собою двері, вітатися одне з одним, заправляти постіль, мити посуд. Та, на жаль, не всі мають звичку це робити. Закріплені звички нелегко змінити. Тому стежте за їх формуванням. Часто прикро слухати мову юнаків та дівчат, для яких стало звичкою постійно використовувати слова-паразити або й грубі слова. Позбутися небажаних звичок у майбутньому нелегко.

Висновки

1. Умовний рефлекс формується за умови кількаразового повторення дії пари подразників — умовного і безумовного, причому умовний подразник має дещо передувати безумовному.
2. Основою умовного рефлексу є формування тимчасового нервового зв'язку в корі головного мозку.
3. У разі зміни умов деякі умовні рефлекси перестають бути доцільними, і з часом відбувається їх гальмування.
4. Динамічний стереотип — система умовних рефлексів, що полегшує виконання певної часто повторюваної дії.
5. На основі динамічних стереотипів формуються навички — автоматичні способи виконання дій.

Терміни і поняття

Збудження, гальмування, динамічний стереотип, навички, звички.

Контрольні запитання

1. Які умови необхідні для формування умовного рефлексу?
2. Що відбувається у корі мозку під час формування умовного рефлексу?
3. Що таке динамічний стереотип? Які приклади динамічних стереотипів ви знаєте?
4. Що таке навичка? Які етапи відбуваються під час формування навички?
5. Поясніть відмінність між поняттями «навичка» і «звичка».

Завдання

1. Уявіть ситуацію — людину, яка добре знає складний танець, новачки просять показати частину схеми із середини танцю, але вона змушена для себе повторити всю схему із самого початку, щоб усвідомити, як правильно виконувати рухи в середині схеми. Чому так відбулося?
2. Поетапно опишіть процес формування будь-якої навички, якою ви володієте.

§ 3. НАВЧАННЯ ТА ПАМ'ЯТЬ

Ви дізнаєтесь, яким чином ми запам'ятовуємо інформацію; що таке короткочасна і довготривала пам'ять; чому людина забуває.

◆ Чи правда те, що якщо ми щось добре знали, а зараз забули, все одно зберігається в нашому мозку на все життя?

Пам'ять — це одна з основних властивостей нервової системи, яка зумовлює її здатність зберігати інформацію про події оточуючого нас середовища та реакцію організму на них після припинення їх дії. Людина запам'ятовує не лише безпосередню дію на нього подразника, а також відчуття, емоції, які були пов'язані з його дією. Пам'ять дозволяє людині набувати індивідуальний досвід та користуватись ним.

Характеристиками пам'яті є тривалість та міцність збереження інформації, обсяг закарбованої інформації, точність її зчитування та особливості відтворювання. Людина має найкраще розвинуті механізми для зчитування та відтворення інформації, але ці ланки є й найбільш уразливими при захворюваннях мозку.

Класифікація видів пам'яті. За тривалістю утримання інформації виділяють (*мал. 9.5*):

1) ***Миттєву***, або ***сенсорну, пам'ять*** — триває 0,1–0,5 с. Являє собою продовження відчуття зовнішнього впливу на організм протягом короткого періоду часу. Якщо закрити, відкрити і знову швидко закрити очі, ви можете відзначити, що побачена вами картинка деякий час зберігається. Це і є миттєва пам'ять. Завдяки такій пам'яті людина сприймає цілісне зображення під час перегляду кінострічок, телепередач, що складаються з окремих кадрів.

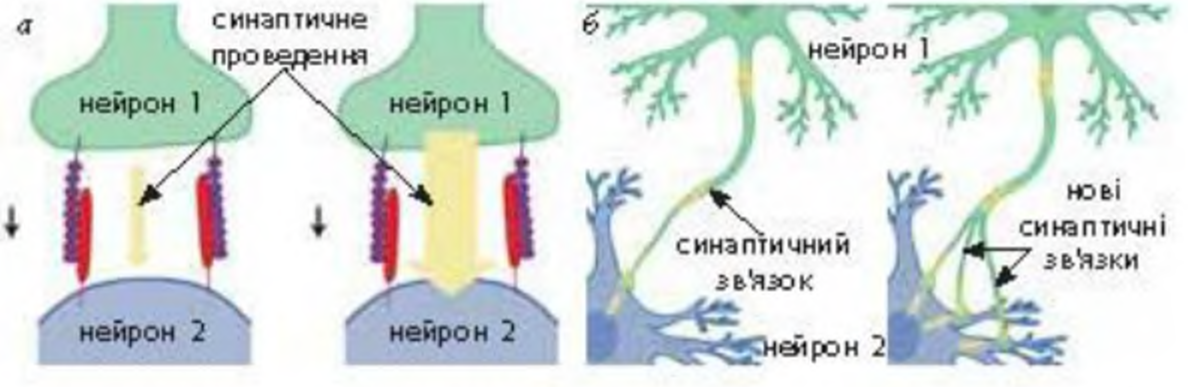
Мал. 9.5. Процес формування довготривалої пам'яті

2) *Короткочасну пам'ять* — тимчасове збереження інформації тривалістю кілька секунд або хвилин. Її обсяг становить 7–10 знаків, наприклад — оперативне запам'ятовування номера телефону. Для більш тривалого запам'ятовування необхідно декілька разів повторити інформацію.

3) *Довготривалу пам'ять*. Вона починається з утворення проміжної пам'яті, триває дні, тижні — це час, потрібний для поточної діяльності. Якщо її не підкріплювати, вона з часом зникає. Власне довготривала пам'ять залишається на все життя і може бути відтворена навіть через роки. Вважається, що лише 1 % інформації зберігається довготривалою пам'яттю, це інформація першочергової ваги — персональні дані, навички до читання й письма, професійні навички.

З точку зору *характеристики подразника* виділяють: *чуттєво-образну пам'ять*, яка оперує переважно уявленнями, та *логіко-змістовну пам'ять*, яка оперує поняттями. Чуттєво-образна поділяється на зорову, слухову, тактильну, нюхову, смакову, рухову пам'ять. У кожної людини переважає пам'ять того чи іншого виду залежно від індивідуальних особливостей. Для когось «краще один раз побачити, ніж 10 разів почути» — це візуали, а для іншого навпаки — це аудіали. Враховуючи особливості своєї пам'яті, ви можете покращити процес навчання.

Механізми пам'яті. На сьогодні вже достеменно відомо, що основним місцем тривалого зберігання інформації, тобто довготривалої пам'яті, є кора великого мозку. Короткочасна пам'ять утворюється в результаті тимчасової циркуляції нервових імпульсів існуючими нейронними мережами, а також підвищення ефективності синаптичного проведення збудження. Цей вид пам'яті є дуже чутливим до зовнішніх впливів, будь-яке перемикання



Мал. 9.6. Механізм пам'яті: *а)* короткочасна пам'ять. Посилення синаптичного проведення; *б)* довготривала пам'ять. Утворення нових синаптичних зв'язків між нейронами

Мал. 9.7. Консолідація полегшується, якщо нова інформація нашаровується на подібну до такої, що раніше запам'яталася

уваги на іншу задачу чи проблему призводить до зникнення інформації з короткочасної пам'яті. Короткочасна пам'ять уперше формується на рівні гіпокампу і потім, при переході в довготривалу пам'ять, закріплюється на рівні кори великого мозку. Тому людина з ураженнями гіпокампу не здатна формувати нові довготривалі спогади, а живе лише тими, що утворилися до моменту ураження. Перехід пам'яті з короткочасної в довготривалу зумовлює формування пам'ятного сліду — цей процес має назву ***консолідація*** (від лат. *consolidatio* — закріплення, об'єднання). Повторна активація короткочасної пам'яті призводить до хімічних, фізичних та анатомічних перебудов у синапсах, в результаті утворюються нові синаптичні зв'язки між нейронами (*мал. 9.6*).

Для формування власне довготривалої пам'яті необхідно, щоб ці процеси тривали не менше години. Консолідація полегшується, якщо нова інформація нашаровується на подібну — таку, що раніше запам'яталася. Наприклад, набагато легше навчитися грати на акордеоні, якщо ви вже вмієте грати на піаніно, адже у вас є пам'ять про будову нотного стану (*мал. 9.7*).

Важливою особливістю пам'яті є *забування*, іншими словами — неможливість відтворення (згадування) інформації в певний момент. Це пов'язано передусім із власне структурою пам'яті, в якій закладено величезну кількість інформації. Тому для кращого відтворення необхідно «індивідуалізувати» потрібну інформацію, наприклад, пов'язати її з якимось відчуттям, асоціацією.

Види навчання

Навчання нерозривно пов'язане із пам'яттю — це прояви одного процесу. Під ***навчанням*** розуміють передусім механізми набуття інформації, тоді як під пам'яттю — механізми її збереження та відтворення (згадування) у міру потреби. Пам'ять і навчання мають загальну особливість — необхідність повторення. Розрізняють три види навчання:

1. Мимовільне (пасивне) — відбувається без докладання цілеспрямованих зусиль. Наприклад, ми нецілеспрямовано навчаємося не реагувати на сторонні звуки чи події, які не несуть для нас новизни (шум вулиці тощо).

2. Навчання, що відбувається в результаті активної поведінки. Прикладами може бути навчання шляхом «спроб і помилок», а також те, що підкріплюється схваленням. Згадайте, як ви проходите нові рівні в комп'ютерних іграх — ви декілька разів повинні починати один і той самий рівень, поки не зрозумієте, які помилки не потрібно робити і як вам хочеться рухатись на більш складні рівні після похвали.

3. Навчання шляхом спостереження. Може бути пасивним, просте наслідування — властиве маленьким дітям. Із віком людина навчається робити висновки зі спостережень, і в результаті накопичення досвіду здатна приймати раптові нестандартні рішення.

Увага

Невід'ємною складовою «гарної» пам'яті є рівень уваги. ***Увага*** дуже важлива у навчанні, і тому корисно тренувати вміння зосереджувати увагу й не відволікатися на сторонні подразники.

Коли ми зосереджуємося на певній дії, формується осередок збудження у тій ділянці кори, яка регулює цю дію. Утворення таких осередків збудження важливе для формування уваги. Виділяють мимовільну і довільну увагу. *Мимовільна увага* — не пов'язана із цілеспрямованою діяльністю і вольовим зусиллям. Наприклад, ви побачили новий яскравий автомобіль, і ваша увага зосереджується на ньому. Гучна музика, яскраві обгортки привертають увагу.

Механізми мимовільної уваги спільні й у людей, і у тварин. Це, насамперед, орієнтувальний рефлекс.

Довільна увага є цілеспрямованою і потребує вольового зусилля. Цей вид уваги властивий тільки людині. Основний факт, що вказує на наявність у людини уваги особливого типу, не властивого тварині, полягає в тому, що людина довільно може зосереджувати свою увагу то на одному, то на іншому об'єкті, навіть у тих випадках, коли довкола нічого не змінюється.

Також виділяють *післядовільну увагу* — наприклад, спочатку ви змушували себе вольовими зусиллями читати книжку відповідно до шкільної програми (довільно зосереджували увагу), але згодом ви захопились нею і читаєте вже із задоволенням (працює мимовільна увага). Роль післядовільної уваги в навчанні дуже важлива.

Висновки

1. Пам'ять — здатність зберігати інформацію за допомогою утворення зв'язків між нейронами в головному мозку. За тривалістю зберігання інформації розрізняють сенсорну, короткочасну й довготривалу пам'ять.
2. Увага — здатність людини зосереджуватись на певному явищі, абстрагуючись від інших факторів. Буває довільна, мимовільна і післядовільна. Довільна увага притаманна тільки людині.
3. Процес навчання нерозривно пов'язаний із пам'яттю. Під навчанням розуміють передусім механізми набуття інформації, тоді як під пам'яттю — механізми її збереження та відтворення (згадування).

Терміни і поняття

Пам'ять, сенсорна пам'ять, короткочасна пам'ять, довготривала пам'ять, консолідація, навчання, увага, мимовільна увага, довільна увага, післядовільна увага.

Контрольні запитання

1. Що таке пам'ять?
2. Які види пам'яті розрізняють за тривалістю зберігання інформації?
3. Охарактеризуйте три види навчання.
4. Що таке увага?
5. Які розрізняють види уваги?

Завдання

Об'єднайтеся у пари. Запишіть на аркуші паперу десять двозначних цифр. Покажіть їх сусіду чи сусідці впродовж 20 с, попросіть його чи її записати їх відразу, через п'ять хвилин та через десять хвилин. Виконайте завдання по черзі. Звірте результати з оригіналом. Коли відповідність записаних цифр була більшою? Чому? Який вид пам'яті був задіяний?

§ 4. МОВА. МИСЛЕННЯ. СВІДОМІСТЬ

Ви дізнаєтеся про процеси пізнання в мозку людини; про різницю у виникненні абстрактного і конкретного мислення; свідомість та підсвідомість.

◆ На чому базується мислення? У чому відмінність свідомості і самосвідомості? Як формується мова? Чому є випадки, коли людина після травми чи хвороби втрачає здатність промовляти слова, хоча й розуміє мову?

Вивчаючи матеріал попередніх параграфів, ви, мабуть, завважили, що велику кількість досліджень функціонування організму людини вивчають на тваринах, зокрема на ссавцях. Навіть перші

експерименти з вивчення умовних рефлексів, які стали основою вчення про вищу нервову діяльність, проводили на собаках. Але ВНД людини відрізняється від ВНД тварин здатністю сприймати усну та письмову мову. Ця здатність розвинулась завдяки наявності в людини першої і другої сигнальної систем, на відміну від тварин, у яких є лише перша.

Перша сигнальна система — система організму, що забезпечує формування конкретного (безпосереднього) уявлення про навколишню дійсність за допомогою умовних зв'язків. Сигналами для першої сигнальної системи служать предмети, явища і окремі їхні властивості (запах, колір, форма). Перша сигнальна система — основа безпосереднього відображення об'єктивної реальності у формі відчуттів і сприймання. Забезпечує предметне ***конкретне мислення***.

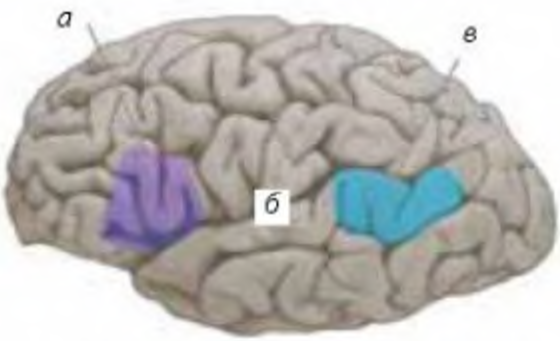
Друга сигнальна система — це аналітико-синтетична діяльність кори головного мозку, яка виявляється в мовних умовних рефлексах, що формуються на особливі подразники — слова. Друга сигнальна система — це відображення навколишньої дійсності шляхом узагальнення *абстрактних* понять за допомогою слів, забезпечує ***абстрактне мислення***. Словесна сигналізація (мова) дає змогу передавати досвід, знання предків нащадкам, що якісно відрізняє взаємодію людей від взаємодії тварин, накопичувати знання про природу і безмірно підвищує владу людини над навколишнім світом.

Перша та друга сигнальні системи мають загальні риси: в основі їх діяльності лежать рефлекторні механізми. Уся кора великого мозку має відношення до обох сигнальних систем, які тісно взаємодіють між собою: друга за допомогою слів перетворює чуттєві образи, що надходять від першої системи, на поняття, уявлення. При цьому смислове значення слова, наприклад, «стіл», не залежить від звучання цього поняття різними мовами.

Мова — форма спілкування людей одне з одним за допомогою сигналів (слів), що забезпечує мислення людини. Мова може бути внутрішньою — це є необхідною формою процесу мислення, і зовнішньою, за допомогою якої людина повідомляє свої думки іншим людям, а також усною і письмовою.

Фізіологічним підґрунтям мовлення є умовно-рефлекторна діяльність кори великих півкуль головного мозку, подразниками для якої є слова, що замінюють безпосередні предмети та їхні властивості.

Слово для людини існує в трьох образах — почуте, промовлене і побачене. Існування слова пов'язане з діяльністю трьох мовних центрів — *зони Брока* (центр артикуляції, промовляння), *зони Вéрніке* — розуміння почутих слів, і *зорового центру* (*центру читання*) (***мал. 9.8***). Ушкодження цих центрів унаслідок інсультів, травм чи інших порушень призводить до втрати здатності або промовляти, або розуміти слова.



Мал. 9.8. Центри мовлення: зона Брока — організація артикуляції (*а*); зона Верніке — розуміння усної мови (*б*); центр читання (*в*)

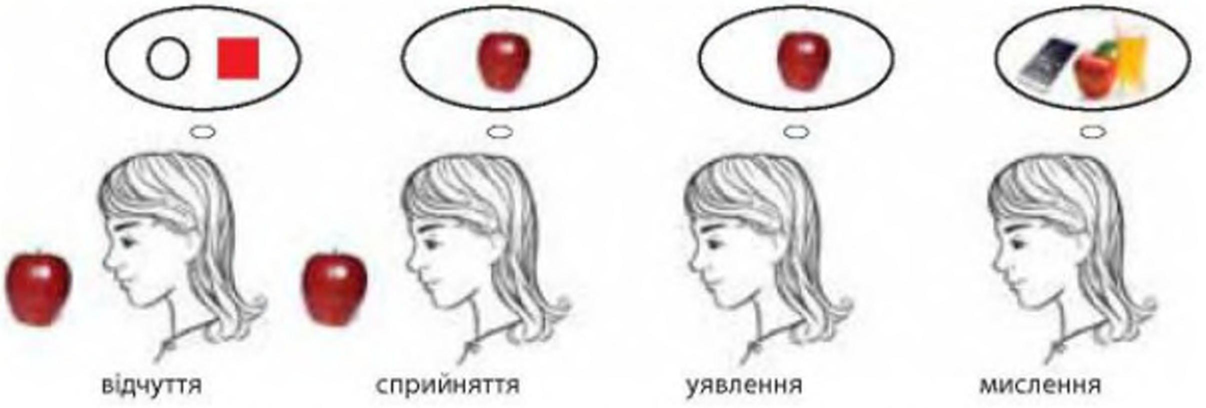
Варто зазначити, що мова — це специфічно людська діяльність. Мова виникла вперше лише в суспільстві. Ймовірно, виникнення мови було пов'язано зі здатністю людини працювати, тому що в процесі колективної праці виникла необхідність координувати спільні зусилля її учасників.

Також для розвитку мовлення необхідний спеціальний апарат, який утворював би звуки. І такий апарат сформувався у процесі еволюції людини. Ще в ембріональному періоді волокна голосових зв'язок з'єднуються з волокнами кільцевих м'язів гортані. Це створює умови для засвоєння рухів, які забезпечують звукову мову. У цьому полягає суттєва відмінність анатомічної будови мовного апарату людини від звукового апарату людиноподібних мавп. Саме через таку відмінність будь-які спроби навчити мавп звукового мовлення не дають помітних результатів.

Хоча здатність голосового апарату говорити у людини вроджена, мовленню потрібно навчатися. Тільки з раннього дитинства у спілкуванні з іншими відбувається формування мовлення. У цей період добре працюють імітаційні рефлекси, тому запам'ятовування та використання нових слів відбувається значно легше, ніж у дорослому віці. Критичним віком для оволодіння мовленням є вік до 10 років. Пізніше здатність до розвитку нейронних мереж для побудови центру мови втрачається. Основною функцією мови є комунікативна (забезпечення спілкування, отримання та передавання інформації в усному і письмовому вигляді). Також без мови неможливе мислення. А внутрішня мова (діалог із самим собою) відіграє важливу роль у програмуванні нашої діяльності.

Пізнавальна діяльність — це процес відображення у психіці людини навколишніх предметів та явищ, на ґрунті якого формуються знання, виникають цілі та мотиви діяльності. Послідовність етапів пізнання можна зобразити схематично: відчуття → сприйняття → уявлення → мислення (*мал. 9.9*).

Мислення — це вища форма психічного відображення у процесі пізнавальної діяльності, під час якої головний мозок людини виконує складні розумові (мисленнєві) операції, використовуючи поняття, судження, умовиводи, результатом яких є припущення, прогнози, ухвалення рішень. Мислення дає знання про істотні властивості, зв'язки й відношення об'єктивної реальності, здійснює



Мал. 9.9. Послідовність етапів пізнання в мозку людини

у процесі пізнання перехід від явища до його сутності. Хоча мислення — це результат діяльності всього мозку, спостерігають *функціональну асиметрію півкуль мозку* (*мал. 9.10*).

Ліва півкуля відповідає за формування мови, абстрактно-логічне мислення, сприйняття інформації, що надходить поступово, наприклад, запам'ятовування тексту під час читання. Права півкуля відповідає за образне мислення. Вона налаштована на формування конкретних образів на основі інформації від органів чуттів. Формує схильність до споглядання, повільності, мовчазності.

Свідомість — це ідеальне суб'єктивне відображення за допомогою мозку реальної дійсності у різних формах психічної діяльності людини: *відчуття*, *сприйняття*, *уявлення*, *мислення*, *увага*, *почуття* (*емоції*) і *воля*. Свідомість є вищою функцією мозку. Свідомість не успадковується, вона є результатом взаємодії мозку й суспільного життя людини. Якщо дитину позбавити спілкуван-

Мал. 9.10. Функціональна асиметрія півкуль мозку

ня з людьми (діти, виховані тваринами), то після певного періоду вона втратить здатність до розвитку людської свідомості.

Вияв свідомості досягається активацією великої кількості структур головного мозку, причому провідне значення мають кора великого мозку з найближчою підкіркою, лімбічна система, та їх взаємодія. Найважливішу роль відіграють висхідні активаційні впливи ретикулярної формації.

Вважають, що лобові частки кори великого мозку мають провідне значення для вияву вищих психічних функцій. Ураження лобових часток у людини супроводжується психічною нестійкістю, ейфорією, дратівливістю, відсутністю твердих планів, основаних на прогнозуванні, наявністю легковажності й грубості.

Для підтримки стану свідомості необхідний певний рівень активності ЦНС. Занадто низька нейронна активність (наприклад, під наркозом або у стані коми) чи, навпаки, надмірна активність (наприклад, у стані люті, під час епілептичних нападів) можуть виключати свідомість.

Частина інформації, яка надходить у мозок, може нами свідомо не сприйматися, тобто бути на ***підсвідомому*** рівні. Експериментальним доказом того, що організм людини сприймає і обробляє таку інформацію, є досліди з виробленням захисного умовного рефлексу у відповідь на умовний подразник — звук гучністю 3–6 децибел, який не чули піддослідні. Після 25–30 повторів поєднання безумовного подразника — удару електричним струмом і звуку гучністю 3–6 децибел, волонтер або волонтерка виявляли захисну реакцію лише на звук. Знання цієї реакції організму використовують у рекламі, повторюючи неодноразово кадр тривалістю 1/24 с, де нав'язують певний продукт.

Підсвідомість — це теж результат цілісної діяльності мозку, але переважають процеси, що відбуваються в підкірці. До таких належать *автоматизована діяльність* (хода, біг, глибоко засвоєні норми поведінки тощо); *наслідування* (несвідоме копіювання дітьми поведінки дорослих); *діяльність мозку під час сну*, яка спрямована на обробку та запам'ятовування інформації, що накопичилась упродовж дня; *інтуїція*, яка є джерелом припущень, гіпотез, наукових відкриттів.

Висновки

1. Перша сигнальна система — це сукупність нервових процесів, що виникають у корі великих півкуль під час безпосереднього впливу на органи чуттів чинників зовнішнього та внутрішнього середовищ. Є основою конкретного мислення; притаманна як людині, так і тваринам.
2. Друга сигнальна система — сукупність умовних рефлексів, що виникають у відповідь на слова у будь-якій формі. Є основою абстрактного мислення та притаманна тільки людині.

3. Мова і мовлення — це унікальна властивість людини, яка дає змогу за допомогою знаків-символів та слів озвучувати думку або виражати її в письмовій формі.
4. Мислення — це вищий рівень пізнавальної діяльності, під час якої головний мозок людини виконує складні розумові операції. Мозок має функціональну асиметрію: ліва півкуля відповідає за абстрактно-логічне мислення, а права — за образне.
5. Свідомість — це ідеальне суб'єктивне відображення за допомогою мозку реальної дійсності у різних формах психічної діяльності людини: відчуття, сприйняття, уявлення, мислення, увага, почуття (емоції) і воля.

Терміни і поняття

Перша сигнальна система, друга сигнальна система, конкретне мислення, абстрактне мислення, свідомість, підсвідомість, мова.

Контрольні запитання

1. Що таке перша і друга сигнальна системи?
2. Чим вони відрізняються і мислення якого типу забезпечують?
3. Що таке мислення?
4. Результатом діяльності яких частин мозку є свідомість і підсвідомість?

Завдання

1. Чи може мозок мислити без тіла та органів чуття? Що відбудеться, якщо мозок позбавити всіх сигналів з органів чуття?
2. Глухі люди спілкуються за допомогою жестів. Як ви думаєте, чи сформована у них друга сигнальна система? Відповідь обґрунтуйте.

§ 5. ТИПИ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ. ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПОВЕДІНКИ

Ви дізнаєтеся про типи вищої нервової діяльності, типи темпераменту та їх особливості, про те, чим зумовлені індивідуальні особливості поведінки людини.

◆ На чому базується тип темпераменту? Чи тотожні поняття «темперамент» і «характер»? Темперамент виховується чи визначається генетично?

Усі люди різні — це визначається генетичною унікальністю кожного з нас (генетично однаковими є тільки однояйцеві близнюки й близнючки). Ці генетичні відмінності впливають не тіль-

ки на зовнішні ознаки чи схильність до хвороб, але й на психологічні особливості. Люди різняться перебігом нервових процесів у головному мозку, що істотно впливає на індивідуальні особливості їхньої поведінки.

Давньогрецький філософ і лікар Гіппократ ще 2500 років тому виділив **4 типи *темпераменту***: сангвінічний, флегматичний, холеричний, меланхолічний. Справжня природа цих явищ була встановлена І. П. Павловим у процесі вивчення вищої нервової діяльності.

І. П. Павлов, вивчаючи особливості утворення й перебігу умовних рефлексів у тварин, звернув увагу на те, що швидкість їх утворення, міцність гальмування залежать від індивідуальних властивостей їхньої нервової системи. Це дало йому змогу виділити типи вищої нервової діяльності.

Тип вищої нервової діяльності — це сукупність властивостей нервових процесів, зумовлених спадковими особливостями організму і набутих у процесі індивідуального життя.

І. П. Павлов виділив типи вищої нервової діяльності на основі трьох **показників нервових процесів збудження і гальмування:**

1) ***сили*** — здатності клітин кори мозку зберігати відповідні реакції на сильні й надсильні подразники;

Мал. 9.11. Чотири різних темпераменти. *Хéрлуф Бíдструп*

2) ***рухливості*** — швидкості переходу процесу збудження в гальмування, і навпаки;

3) ***врівноваженості*** — однакова вираженість за силою процесів збудження і гальмування. Нервові процеси можуть бути врівноважені, або один з них може переважати над іншим.

На основі вивчення особливостей нервових процесів І. П. Павлов виділив 4 типи вищої нервової діяльності, що збігаються з чотирма темпераментами, встановленими ще Гіппократом:

1. ***Холерик*** — сильний, неврівноважений, рухливий. У людей цього типу збудження домінує над гальмуванням. Вони непосидючі, рухливі, малодисципліновані, легко збудливі, нерідко агресивні. Серед них трапляються дуже здібні, емоційні, темпера-

ментні. Рухаються швидко, мовлення теж швидке. Тренуваннями можна посилити в них процеси гальмування і послабити процеси збудження.

2. ***Сангвінік*** — сильний, врівноважений, рухливий. Процес збудження легко змінюється гальмуванням і навпаки. Усі умовні рефлекси утворюються легко і швидко. Сангвініки життєрадісні й працелюбні, дисципліновані, вчаться добре. Мовлення в них швидке, але плавне. Перебудова динамічного стереотипу відбувається без ускладнень.

3. ***Флегматик*** — сильний, врівноважений, нерухливий. Мала рухливість нервових процесів, збудження змінюється гальмуванням повільно, перехід від одного виду діяльності до іншого утруднений. Умовні рефлекси утворюються поступово, але вони є дуже міцними. Мовлення спокійне, правильне, без надлишкової жестикуляції. Флегматики спокійні, вперті, малорухливі, посидючі, дисципліновані.

4. ***Меланхолік*** — слабкий тип. Слабка врівноваженість нервових процесів, умовні рефлекси формуються повільно. Сильні або тривалі подразники викликають надмірне гальмування, меланхоліки швидко втомлюються. Сторонні подразники легко викликають у них зовнішнє гальмування. Динамічний стереотип змінюється з великими труднощами.

Основні типи вищої нервової діяльності трапляються в «чистому» вигляді дуже рідко. У більшості людей спостерігають риси всіх типів із переважанням одного з них.

Тип вищої нервової діяльності складається із взаємодії успадкованих властивостей нервової системи і впливів, яких зазнає людина протягом життя. А отже, властивості нервової системи не є незмінними, вони можуть змінюватися під впливом виховання в результаті пластичності нервової системи. Таким чином, у процесі виховання генетичні передумови суттєво змінюються, тому вчинки людей у складних обставинах визначаються, головним чином, здатністю стримувати себе й реагувати відповідно до норм, установлених суспільством. Сила, рухливість нервових процесів піддаються тренуванню, й діти неврівноваженого типу під впливом виховання можуть набути рис, які зближують їх із врівноваженими дітьми.

Характер — сукупність відносно сталих психологічних рис людини, які виявляються в різноманітних сферах її духовного життя і діяльності. Природною основою характеру є типи нервових процесів, типи темпераменту, функціональна спеціалізація півкуль головного мозку. На формування характеру впливають спадковість, оточення, виховання, стан здоров'я, самотренування тощо.

Як ви зрозуміли, поведінка людини певною мірою визначається спадковістю, але й суттєво залежить від соціального середовища, у якому вона перебуває — родини, друзів, подруг, колег і колежанок. Поведінка людини значною мірою визначається прийнятими у суспільстві нормами.

Якщо біологічні ознаки успадковують генетично, то соціальні (мова, побутові і трудові навички тощо) формуються у суспільстві. Дитина здобуває суспільний досвід через спілкування, навчання та спільну діяльність із батьками, ровесниками, вихователями, вчителями. Те, що людина є біосоціальною істотою, яскраво проілюстрували «діти-Мауглі», які були загублені в ранньому дитинстві і тривалий час перебували серед тварин. Хоча вони й мали біологічні ознаки людини, однак повноцінними людьми не змогли стати, оскільки в певний чутливий період не змогли навчитися мови та багатьох людських навичок. Поза суспільством у них не сформувалася друга сигнальна система, а зробити це у більш старшому віці дуже складно або й неможливо.

Висновки

1. І. П. Павлов виділив 4 типи вищої нервової діяльності на основі сили, рухливості та врівноваженості нервових процесів: збудження і гальмування.
2. Типи вищої нервової діяльності загалом відповідають чотирьом типам темпераменту: сангвінічному, холеричному, флегматичному і меланхолічному.
3. Характер — сукупність відносно стійких психологічних рис людини, які проявляються у поведінці, діяльності та ставленні до людей, колективу, речей, роботи й до себе.
4. Людина — біосоціальна істота. На поведінку впливають як вроджені біологічні ознаки, так і соціальні чинники.

Терміни і поняття

Тип вищої нервової діяльності, тип темпераменту, сила, рухливість та врівноваженість нервових процесів, холерик, сангвінік, флегматик, меланхолік, характер.

Контрольні запитання

1. Які є типи вищої нервової діяльності?
2. Охарактеризуйте кожен тип темпераменту.
3. Якому типу темпераменту відповідають такі характеристики нервових процесів: сильний, рухливий, неврівноважений?
4. Які відмінності між поняттями «темперамент» і «характер»?
5. Доведіть, що людина — істота не тільки біологічна, а й соціальна.

§ 6. СОН. БІОРИТМИ

Ви дізнаєтеся про фази і стадії сну, а також про біоритми в житті людини.

◆ Чому виникають сновидіння? Який нейрогормон викликає сон? Як боротися із впливом зміни часового поясу після тривалого перельоту?

Як мозок людини може регулювати власну активність?

Ми часто підкреслювали визначальну роль нервової системи, і особливо головного мозку, у регуляції різних функціональних систем організму. А яким чином контролюються функціональні стани самого мозку? Адже всі ми добре знаємо різницю між станами сну і неспання, відчуваємо, коли ми спокійні, збуджені або пригнічені. Усі ці різні стани пов'язані з різними рівнями активності головного мозку. Вони виникають унаслідок складної взаємодії між процесами збудження і гальмування, які постійно відбуваються у різних структурах самого мозку. Таким чином, головний мозок людини здатний до саморегуляції.

Особливо важливу роль відіграють сигнали, що надходять від стовбура мозку до великого мозку, а також постійний обмін сигналами між таламусом і великим мозком (*мал. 9.12*). Зокрема, у стовбурі мозку є зони активації і пригнічення (остання гальмує першу). Контроль активності мозку відбувається вже відомим вам нейрогуморальним шляхом. Пригадайте, зокрема, що саме у стовбурі головного мозку розташована ретикулярна формація, функція якої важлива для регуляції станів сну та неспання, а також рівня уваги (тема 7).

Мал. 9.12. Контроль активності головного мозку

Що таке сон? Фази і стадії сну

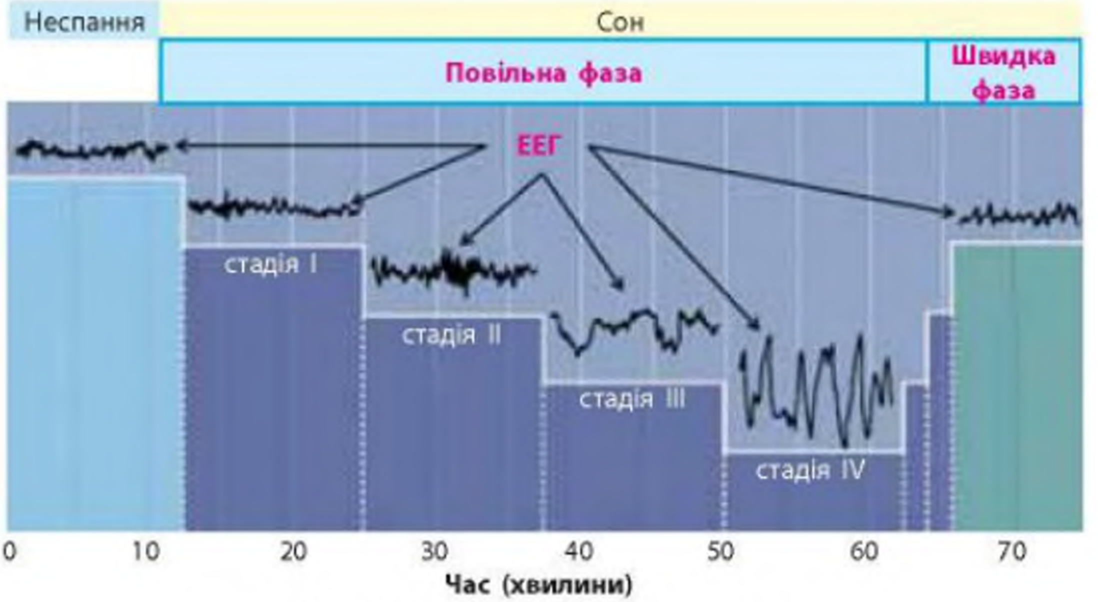
Сон вважають несвідомим станом, з якого людина може пробудитися під дією певних подразників чи стимулів — найчастіше це дзвінок будильника! Цим він принципово відрізняється від **коми** — патологічного стану втрати свідомості.

Мал. 9.13. Електроенцефалографія (ЕЕГ)

Розрізняють два основних види сну, які мають не тільки кількісні, а і якісні відмінності. Так, під час сну постійно відбуваються переходи між ***фазами повільного*** (повільно-хвильовий, або синхронізований) та ***швидкого*** (парадоксальний, несинхронізований, або сон швидкого руху очних яблук) сну. Чому ці фази сну дістали такі назви і в чому полягає принципова різниця між ними?

Для дослідження функціонального стану головного мозку, а також діагностики певних захворювань широко використовують *електроенцефалографію* (*ЕЕГ*) — це метод реєстрації біопотенціалів головного мозку за допомогою багатьох електродів (*мал. 9.13*). У 1913 р. український нейрофізіолог В. В. Правдич-Немінський (1879–1952 рр.) в експериментах на собаках першим зареєстрував сумарну активність головного мозку за допомогою поверхневих електродів. Із 1950-х років цей метод був успішно застосований для дослідження змін електричної активності головного мозку під час сну. Результати довели, що сон — це не однорідний стан, а навпаки, він поділяється на різні фази і стадії, які характеризуються різною електричною активністю головного мозку. ЕЕГ при цьому реєструє електричні сигнали з різною частотою і амплітудою (*мал. 9.14*). Зверніть увагу, на цьому малюнку видно: що менша висота стовпчика, то глибший сон. Наприклад, стадія I фази повільного сну (ФПС) — це ще легкий сон, навіть дрімота, і людина в цей час може легко прокинутися. Під час стадії II ФПС пробудження теж настає досить легко, особливо під час дії звукових подразників — це може бути дзвінок будильника або плач дитини. Стадії III і IV ФПС — це періоди найбільш глибокого сну, коли людині важко прокинутися. Якщо людину розбудити в цей час, то вона дезорієнтована, відчуває сонливість.

Під час засинання швидкі коливання невеликої амплітуди, — так звані *альфа-* і *бета-хвилі*, що характерні для стану неспання — поступово змінюються на більш повільні *тета-* і *дельта-хвилі*. Найвищою є частота бета-хвиль, що досягає 60–80 коливань за секунду. Вона характерна для стану неспання, зокрема виникає тоді, коли людина перебуває насторожі, у стані тривоги. Дельта-хвилі, що виникають під час стадії IV ФПС, мають найнижчу частоту — 3–4 і менше коливань за секунду. При цьому амплітуда дельта-хвиль зростає за рахунок їх синхронізації (ЕЕГ реєстрації на *мал. 9.14*). Звідси походить назва цієї фази сну —

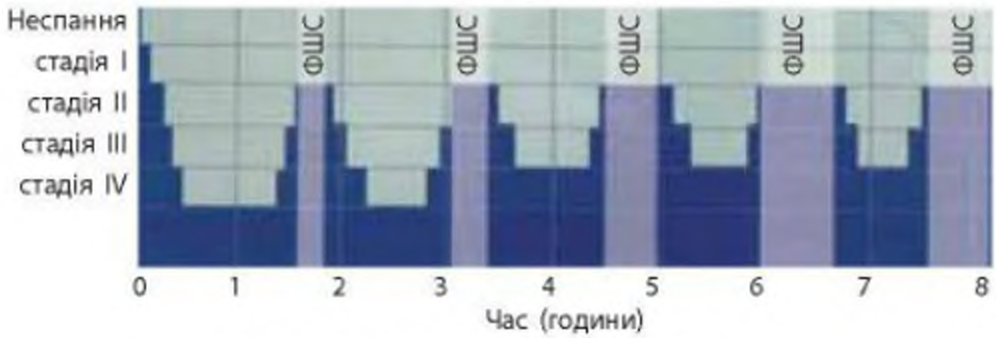


Мал. 9.14. Чергування фаз і стадій сну.
Наведені реєстрації ЕЕГ протягом першої години сну

синхронізований, повільно-хвильовий, або просто повільний сон. Для фази швидкого сну (ФШС) характерна електрична активність, що мало відрізняється від стану неспання (*мал. 9.14*), тому такий сон ще називають парадоксальним або несинхронізованим.

Як чергуються фази повільного і швидкого сну протягом ночі, показано на малюнку 9.15. Бачимо, що це відбувається у формі циклів, при цьому тривалість ФШС зростає від приблизно 10 хвилин у першому, до 50 хвилин в останньому циклі. Вранці людина спонтанно прокидається зазвичай під час ФШС. Зверніть також увагу і на те, що стадії IV ФПС (найбільш глибокий сон) досягнуто лише у перші два цикли. Крім показників ЕЕГ, існують і інші важливі відмінності між фазами і стадіями сну. Під час ФШС спостерігають швидкі рухи очних яблук, скорочення скелетних м'язів, зростає частота серцевих скорочень і частота дихальних рухів — майже до рівня неспання. Навпаки, під час ФПС тонус м'язів й інші функціональні показники (артеріальний тиск, частота дихальних рухів, швидкість метаболічних реакцій) досягають своїх мінімальних значень. Саме в ці періоди відбувається максимальне відновлення всіх функцій і можливостей організму, у чому і полягає важливе біологічне значення сну.

Повний «відпочинок» під час сну не стосується власне головного мозку (*мал. 9.14*), який продовжує обробляти отриману протягом дня інформацію, аналізувати і запам'ятовувати її. Активність мозку найвища під час ФШС. Саме в ці періоди зазвичай виникають сновидіння, хоча вони можуть бути і під час стадії I ФПС, коли у людини трапляються свого роду напівсонні дрімотні



Мал. 9.15. Фази сну протягом 8 годин

марення. Існує багато різних теорій щодо природи сновидінь, від класичних психоаналітичних (сновидіння як відображення позасвідомих мисленнєвих функцій) до сучасних, що наголошують на їх ролі у навчанні і консолідації пам'яті. Принаймні відомо, що сновидіння під час ФПС зазвичай не запам'ятовуються, тому що не відбувається їх консолідація у пам'ять.

Тривалість ФШС змінюється з віком, хоча причини цього залишаються нез'ясованими. Протягом доби у новонароджених дітей сумарна тривалість ФШС становить 8 годин, у молодих людей (20 років) — 2 години, і лише 45 хвилин у людей похилого (70 років) віку. Загалом літні люди сплять менше, ніж молоді, їм важче засинати і вони легше прокидаються. У регуляції неспання й сну важливу роль відіграють гормони, зокрема циклічні зміни протягом доби рівнів кортизолу і мелатоніну.

Надмірне нервове збудження, несприятливі навколишні умови (світло, шум, некомфортна температура середовища), вживання деяких препаратів заважають здоровому сну, і цього треба уникати, адже навіть тимчасове, а тим більше стійке безсоння має значні негативні наслідки для самопочуття й здоров'я людини. Для лікування безсоння є відповідні препарати, але вживати їх можна тільки за призначенням і під контролем лікаря. Зловживання заспокійливими і снодійними препаратами, а також антидепресантами, на жаль, залишається поширеною проблемою в усьому світі.

Біологічні ритми

Вивчаючи різні функціональні системи людини, ви напевно вже звернули увагу на те, що більшість процесів життєдіяльності підлягає регулярним змінам. ***Біологічний ритм*** — це циклічна зміна тих чи інших показників (біохімічних, функціональних), що можуть відбуватися на різних рівнях організації живого — від молекул до екосистем. Пригадайте серцевий цикл, ритмічні дихальні рухи, перистальтику кишечника або секрецію гормонів — у всіх цих процесах наявні ритмічні зміни.

Біологічні ритми контролюють як внутрішні, так і зовнішні фактори, відповідно розрізняють ***внутрішні*** і ***зовнішні біоритми***. Епіфіз, або шишкоподібне тіло, що розміщене у проміжному мозку, під контролем одного з ядер гіпоталамусу секретує гормон *мелатонін* (тема 7). Секреція мелатоніну посилюється у темряві, що сприяє засинанню та регулює інші функції залежно від умов освітленості. Це приклад регуляції ***добового*** (або ***циркадного*** — від лат. *circa* — приблизно і *dia* — день, доба, тобто з періодом коливань приблизно 24 години) ритму, що є одним з найбільш поширених і важливих біоритмів. Як бачимо, цей ритм має внутрішнє походження (свого роду власний «біологічний годинник»), але він синхронізується зовнішнім фактором — рівнем освітленості. Без такої синхронізації внутрішній біоритм людини мав би період 28 годин. Існують більш повільні біоритми — наприклад, менструальний цикл у жінок становить у середньому 28 днів (тема 11, *мал. 11.5*). На організм людини напевно впливають також сезонні й річні коливання зовнішніх факторів (тривалість світлої пори доби, температура повітря тощо).

Біологічні ритми можуть порушуватися. Найчастішими причинами цього в сучасному світі є робота в нічну зміну та швидка зміна часового поясу в результаті тривалого перельоту, що спричиняє розбіжність між біоритмом людини і часом доби. Відновлення їх синхронізації зазвичай займає декілька днів.

Висновки

1. Сон — це періодичний, несвідомий функціональний стан організму людини, під час якого відновлюються всі його функції і можливості, а також відбувається консолідація пам'яті.
2. Фази повільного та швидкого сну відрізняються за формою електричної активності головного мозку та глибиною сну.
3. Біологічні ритми — це циклічні кількісні та якісні зміни у перебігу життєвих процесів, що можуть виникати на різних рівнях організації живого під дією внутрішніх і зовнішніх факторів.

Терміни і поняття

Сон, фаза повільного сну, фаза швидкого сну, біоритми (внутрішні, зовнішні, циркадні).

Контрольні запитання

1. Що таке сон?
2. Які фази сну ви знаєте? Чим вони відрізняються?
3. Що таке сновидіння?
4. Що таке біоритми і якими вони бувають?

Завдання

Поясніть важливість дотримання певного режиму за відсутності природного світлового дня (наприклад, на космічному кораблі чи у підводному човні).

Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що головний мозок є центром регуляції поведінки людини і поведінкові реакції ґрунтуються на безумовних та умовних рефлексах, причому безумовні рефлекси є вродженими, а умовні можуть формуватися та зникати протягом життя людини.
2. Ми запам'ятали, що під час формування умовних рефлексів у корі півкуль мозку утворюються тимчасові нервові зв'язки, і саме такі зв'язки є основою динамічних стереотипів, навичок, пам'яті.
3. Ми довідались про механізми формування мовної функції людини, про те, що у мозку є кілька мовних центрів і що тільки людині притаманна друга сигнальна система, яка є основою абстрактного мислення.
4. Ми дізналися про те, що сон — це такий несвідомий функціональний стан людини, під час якого відбуваються не тільки процеси відновлення організму, а й консолідація пам'яті.
5. Ми усвідомили, що людина — біосоціальна істота, і психологічна індивідуальність кожного пов'язана як із вродженими особливостями перебігу нервових процесів (наприклад, тип вищої нервової діяльності), так і з середовищем, у якому відбувається формування особистості.

Знаю — вмію

- Я знаю, які процеси належать до вищої нервової діяльності.
- Я знаю, що таке інстинкти та яка їх роль у житті людини і тварин.
- Я знаю відмінності між безумовними та умовними рефлексами.
- Я знаю, які умови необхідні для формування умовного рефлексу.
- Я знаю, що таке перша і друга сигнальні системи та їх роль у житті людини.
- Я знаю, які є види пам'яті за тривалістю дії.
- Я знаю, які є види уваги та яка їх роль у навчанні.
- Я знаю відмінності між поняттями «навичка» і «звичка».
- Я знаю, що таке функціональна асиметрія півкуль.
- Я знаю, що сон не є однорідним, і розрізняють фази повільного та швидкого сну.
- Я знаю, які є види біологічних ритмів і що вони мають пристосувальний характер.
- Я вмію пояснити механізм формування умовного рефлексу.
- Я вмію описати процес формування навички і можу пояснити, чому навичку іноді важче змінити, ніж сформувати нову.
- Я вмію показати на малюнку розміщення мовних центрів.
- Я вмію описати особливості темпераменту різних типів.

РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ ОРГАНІЗМУ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- **про принципи регуляції функцій організму;**
- **як працює імунний захист;**
- **чому нервові впливи швидкі та адресні, а гуморальні — довготривалі й системні;**
- **про механізми гуморальної регуляції для збереження здоров'я та профілактики ендокринних захворювань;**
- **що стрес має важливе фізіологічне значення**

§ 1. ГОМЕОСТАЗ І РЕГУЛЯЦІЯ ФУНКЦІЙ ОРГАНІЗМУ. НЕРВОВА РЕГУЛЯЦІЯ. ГУМОРАЛЬНА РЕГУЛЯЦІЯ

Ви дізнаєтеся, що гомеостаз — це не статична, а динамічна рівновага внутрішнього середовища людини.

◆ Як діють гормони? Для чого організму і нервова, і гуморальна регуляція — чи не досить було б однієї?

Як підтримується гомеостаз

Гомеостаз (від грец. *homeo* — подібний і *stasis* — стабільний) — це властивість організму підтримувати певні параметри (температуру тіла, тиск крові тощо) в межах норми. Порушення гомеостазу може викликати захворювання, наприклад, гіпертонічну хворобу (підвищений тиск крові) або цукровий діабет (підвищений рівень глюкози в крові). Ви можете лежати або бігти, наїстись солоного або солодкого, випити багато води або деякий час зовсім не пити, але це не призведе до значних змін внутрішнього середовища вашого організму. Зміни, якщо і відбудуться, будуть набагато меншими, ніж вони були б за відсутності компенсаторних реакцій організму (*мал. 10.1*).

Принцип *компенсаторної регуляції* проілюстровано на *мал. 10.1* — це так званий ***негативний зворотний зв'язок***. Датчик (в організмі цю роль відіграють рецептори) надсилає інформацію в центр керування, і якщо рівновагу порушено, то центр керування активує певний *ефектор*, який її відновлює. Такими ефекторами можуть бути різні тканини й органи — наприклад, клітини печін-

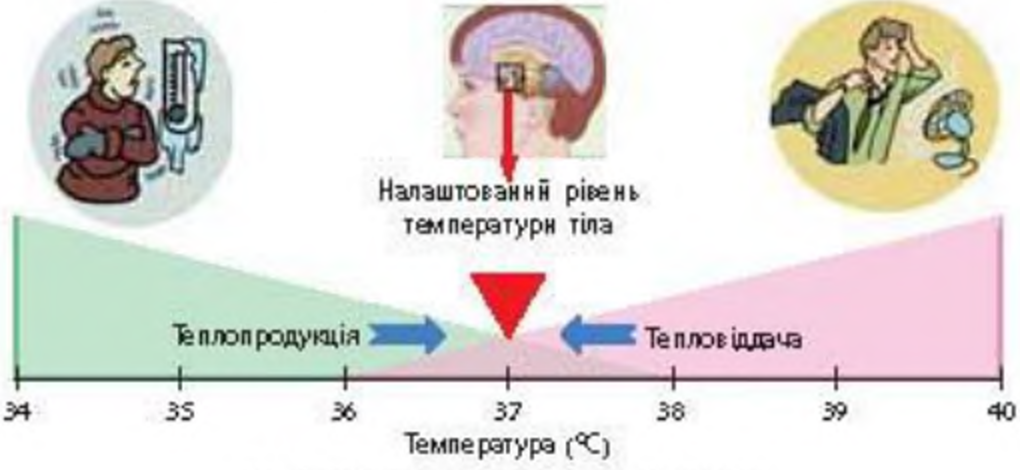
Мал. 10.1. Ілюстрація принципу саморегуляції у підтриманні гомеостазу

ки, які поглинають глюкозу; гладенькі м'язи артерій і артеріол, які, скорочуючись чи розслаблюючись, регулюють кровопостачання відповідних органів (*мал. 10.1*).

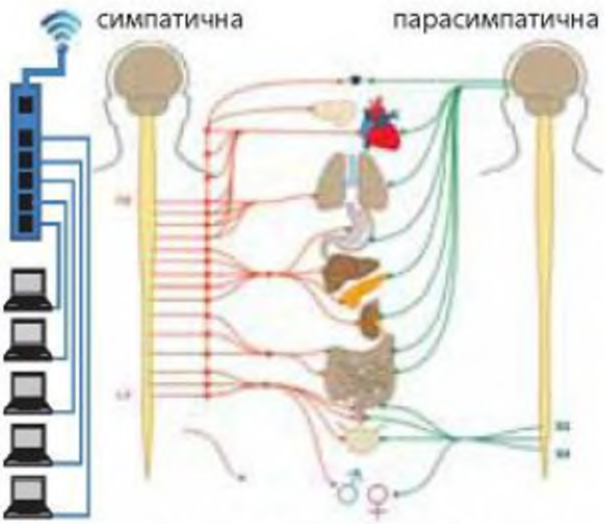
Також в організмі, в деяких випадках, регуляція здійснюється за *позитивним зворотним зв'язком*, коли реакція на певний стимул посилює сама себе. Підкреслимо, що така регуляція призначена не для підтримання гомеостазу, а навпаки — для внесення змін. Прикладом такого зв'язку є посилення вироблення молока молочними залозами матері у відповідь на ссання молока дитиною при грудному вигодовуванні. Поміркуйте, якщо б цей процес керувався негативним зворотним зв'язком, які б були наслідки?

Підкреслимо, що гомеостаз — це підтримання сталого рівня кожного параметра в певних межах його норми, а не статичного, фіксованого рівня.

Підтримання гомеостазу в організмі часто потребує виконання протилежних дій, адже кожен параметр може відхилитися у той чи інший бік. Пригадаємо, як приклад, регуляцію температури тіла. В гіпоталамусі є центр терморегуляції, який налаштований на підтримання температури на рівні приблизно 37 °C (*мал. 10.2*). Під час фізичних вправ м'язи продукують велику кількість тепла, і якщо температура тіла починає зростати, то теплові рецептори направлять відповідний сигнал до центру контролю температури. Водночас центр терморегуляції внесе потрібні зміни за допомогою двох ефекторів — потових залоз шкіри і підшкірних судин. Розширення цих судин разом із посиленим потовиділенням допоможуть вашому тілу позбутися зайвого тепла. Навпаки, у холодний день той самий центр надішле інші сигнали від рецепторів холоду — одні з них спричинять мимовільні ритмічні скорочення й розслаблення скелетних м'язів (тремтіння) для посилення теплопродукції, а інші — звуження підшкірних судин для зберігання тепла в організмі (*мал. 10.2*).



Мал. 10.2. Регуляція температури тіла



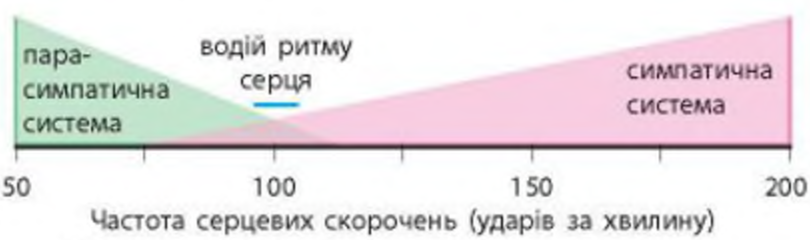
Мал. 10.3. Подвійний контроль функцій внутрішніх органів

Нервова регуляція

Пригадайте, що на кожний орган діють протилежні впливи з обох відділів автономної нервової системи (АНС) — і симпатичного, і парасимпатичного. Саме так збалансовано організм регулює функції внутрішніх органів. Діаграма іннервації різних органів симпатичною і парасимпатичною нервовими системами нагадує схему з'єднання комп'ютерів з Інтернетом (*мал. 10.3*). Кожен користувач послуг Інтернету (орган) хоча й отримує інформацію від одного провайдера (АНС), але при цьому обирає із загального потоку інформацію, потрібну і зрозумілу тільки йому (*мал. 10.3*).

Розглянемо регуляцію такого типу на прикладі впливів АНС на частоту серцевих скорочень (*мал. 10.4*). Ви вже знаєте, що серце має власний ритм. Проте водій ритму серця генерує спонтанну електричну активність із частотою 100–110 імпульсів за хвилину! Яким чином у стані спокою частота серцевих скорочень (ЧСС) становить у середньому лише 72 удари за хвилину? Пояснюється це тим, що парасимпатична нервова система, активність якої домінує в стані спокою, має гальмівний вплив на серце. Симпатична система, навпаки, прискорює ритм і посилює силу скорочень серця. Коли людина виконує важку фізичну роботу або перебуває у стані стресу, активність симпатичної системи починає переважати, і це, серед багатьох інших реакцій, збільшує частоту серцевих скорочень (*мал. 10.4*). Таким чином завдяки нервовій регуляції серця досягається оптимальна для кожного стану організму інтенсивність кровопостачання різних його органів.

В основі нервової регуляції лежить поширення електричних імпульсів аксонами нейронів та дія нейропередатчиків, які ви-



Мал. 10.4. Регуляція частоти серцевих скорочень

вільнюються в синапсах. Отже, така регуляція є швидкою й адресною. Крім того, вона оборотна — як тільки припиняється вивільнення нейропередатчика, припиняється і його ефект.

Гуморальна регуляція

Гуморальна регуляція, на відміну від нервової, базується лише на хімічній передачі сигналів, які здійснюються переважно гормонами. **Гормони** — *це біологічно активні молекули різної будови, які виробляються клітинами ендокринних органів та секретуються у кров.* Гормони з кров'ю можуть досягати кожної клітини, але діють лише на ті, у яких є відповідні рецептори для того чи іншого гормона (*мал. 10.5*). Тривалість і швидкість дії гормонів залежить від їх природи. Наприклад, гормон андреналін, який виділяється під час стресових реакцій організму, швидко руйнується, і тому має короткотривалий ефект. Інші гормони можуть спричиняти постійні, незворотні зміни, наприклад, гормон росту та статеві гормони.

Мал. 10.5. Механізм доставки гормонів до клітин-мішеней

Таким чином, порівняно з нервовою регуляцією гуморальна регуляція є повільнішою (розповсюдження сигналів не електричним шляхом, а з током крові) і системною (гормон може діяти на різні клітини в різних органах).

Далі ми розглянемо, якими бувають гормони і як вони діють.

Висновки

1. Гомеостаз — це властивість організму підтримувати певні фізіологічні параметри в достатньо вузькому діапазоні норми. Це динамічна рівновага системи.
2. Регуляція функцій організму часто працює за принципом негативного зворотного зв'язку.
3. Баланс підтримується за участі як нервової, так і гуморальної регуляції.
4. Ці регуляторні системи доповнюють одна одну, але працюють по-різному. Нервова регуляція базується на швидкій й адресній дії нейропередатчиків на клітини, а гуморальна — на повільній, більш тривалій і системній дії гормонів та інших біологічно активних речовин, які досягають клітин із кров'ю.

Терміни і поняття

Негативний зворотний зв'язок, позитивний зворотний зв'язок.

Контрольні запитання

1. Що таке гомеостаз? Опишіть, як різні системи спільно працюють для підтримання гомеостазу?
2. Поясніть причину тремтіння на холоді.
3. Що таке негативний зворотний зв'язок? Наведіть приклад регуляції за таким принципом.

Завдання

Наведіть схему регуляції температури тіла людини із зазначенням чутливих елементів (рецепторів), регуляторних центрів і ефекторів. Паралельно зробіть схему регуляції температури в приміщенні — окремо: як вона працює влітку і взимку (для цього у вас є кондиціонер, вікна, бойлер, батареї опалювання тощо). Порівняйте ці дві схеми й поясніть, у чому полягають їх подібності та відмінності.

§ 2. ЕНДОКРИННА СИСТЕМА. ЗАЛОЗИ ВНУТРІШНЬОЇ СЕКРЕЦІЇ

Ви дізнаєтеся, чим відрізняються залози внутрішньої, зовнішньої та змішаної секреції; про місце розташування ендокринних залоз в організмі людини; яка ендокринна залоза є «диригентом» гуморальної регуляції; чому гіпоталамус також належить до ендокринної системи.

◆ Це правда, що існує нецукровий діабет? Чому літні люди менше хочуть спати вночі, ніж молоді? Чи правда, що позитивні емоції — це також стрес?

Загальна характеристика ендокринної системи

Ендокринна система являє собою систему залоз, які не мають вивідних проток. Гормони, які виробляють та секретують ендокринні залози, надходять безпосередньо в кровоносне русло. Тому ендокринні залози ще називають ***залозами внутрішньої секреції***. ***Залози зовнішньої секреції***, на відміну від внутрішньої, виробляють і виділяють секрет у протоки. Протоки відкриваються у просвіт інших органів чи назовні. Наприклад, слинні залози виробляють слину, яка потрапляє в ротову порожнину протоками слинних залоз. Печінка виробляє жовч, яка накопи-

чується в жовчному міхурі і виводиться у просвіт дванадцятипалої кишки під час травлення. Також є органи, які одночасно виконують функції залоз внутрішньої та зовнішньої секреції — їх називають ***залозами змішаної секреції***. До них належать: підшлункова залоза (секретує травні ферменти — зовнішня секреція; гормони інсулін та глюкагон — внутрішня секреція); статеві залози, яєчники та яєчка (виробляють статеві клітини — зовнішня секреція; виробляють статеві гормони — внутрішня секреція).

Мал. 10.6. Ендокринна система людини

На малюнку 10.6 представлені ендокринні залози організму людини. Вони беруть участь у регуляції: перетворення енергії, обміну речовин, підтримання водно-сольового балансу, розмноження, росту та розвитку, кровообігу, травлення.

Робота ендокринних залоз може регулюватися:

— *гормонами* (гіпофіз виробляє тропні гормони, які регулюють діяльність інших ендокринних залоз);

— *іншими гуморальними факторами* — зміна в іонному складі крові (антидіуретичний гормон — реагує на зміни рівня Натрію) та вмісті поживних речовин (підвищення рівня глюкози, що спричинює вироблення інсуліну);

— *нервовою системою* — нервові закінчення безпосередньо контактують із клітинами ендокринних залоз.

Залози внутрішньої секреції

Гіпофіз. Маленька залоза, діаметром приблизно 1 см, яка розташована в проміжному мозку. Гіпофіз безпосередньо контактує з гіпоталамусом через тоненьку ніжку. Згадайте, у темі 7 ви вивчали, що гіпоталамус має подвійну функцію: це частина нервової системи, у якій є центри голоду, насичення, терморегуляції; нейрони гіпоталамуса секретують гормони, які називаються нейрогормонами. Отже, гіпоталамус є відділом ЦНС, де поєднуються нервові та гуморальні механізми регуляції.

Гіпофіз складається із двох часток: задньої і передньої. *Задня частка гіпофіза* не синтезує власні гормони, а натомість виконує функцію депо гормонів гіпоталамуса: *антидіуретичного гормона* (*АДГ*) та *окситоцину* (*мал. 10.7*).

Мал. 10.7. Задня частка гіпофіза

Мал. 10.8. Передня частка гіпофіза

АДГ секретується прямо у відповідь на підвищення концентрації солей у крові. Він примушує нирки зменшити виділення води із сечею. Коли рівень солей повертається до нормальних показників, секреція АДГ припиняється — тобто спрацьовує механізм негативного зворотного зв'язку. За нестачі АДГ розвивається нецукровий діабет, за добу виділяється 5–10 л сечі.

Окситоцин стимулює скорочення м'язових стінок матки під час пологів, виділення молока при грудному вигодовуванні, а також відповідає за сексуальне задоволення.

Передня частка гіпофіза секретує власні гіпофізарні гормони, збільшення чи зменшення рівня їх секреції регулюють нейрогормони гіпоталамуса. Гормони гіпофіза регулюють функції інших ендокринних залоз і тому називаються тропними (*мал. 10.8*).

Наприклад, *гонадотропні гормони* стимулюють статеві залози, яєчка та яєчники виробляти статеві клітини та статеві гормони. Інші тропні гормони (*адренокортикотропний гормон, тиреотропний гормон*) регулюють роботу інших залоз. Активність цих гормонів регулюється за принципом зворотного негативного зв'язку.

Інша група гормонів передньої частки гіпофіза має прямий, не опосередкований через інші ендокринні залози вплив на органи-мішені. *Гормон росту* (*соматотропний гормон*) регулює ріст кісток і м'язів. Його концентрація в крові найвища в дитячому та юнацькому віці.

Епіфіз (шишкоподібна залоза) — це маленька залоза, яка розміщується в основі головного мозку та виробляє гормон *мелатонін*. Концентрація мелатоніна залежить від часу доби — вночі його більше, а вдень — менше. Мелатонін регулює циклічний перебіг процесу спання та неспання, іншими словами — «біологічний годинник». Із віком кількість мелатоніну зменшується, тому літні люди мають проблеми з нічним сном.

Щитоподібна залоза — це найбільша за розміром ендокринна залоза масою 20 г, яка розміщується у шиї в районі трахеї. Вона виробляє тиреоїдні гормони: *тироксин* (*Т4*) та *трийодтиронін* (*Т3*), які різняться за кількістю атомів Йоду у складі їх молекул, відповідно 4 і 3. Для нормального функціонування щитоподібної залози необхідно надходження йоду з їжею. За його нестачі залоза значно збільшується в розмірі, розвивається захворювання *ендемічний зоб*. Дослідження встановили, що вживання йодованої солі запобігає розвитку ендемічного зобу й відновлює секрецію тиреоїдних гормонів. Основна їх функція — пришвидшення процесів катаболізму в усіх клітинах тіла й тих функцій, які їх забезпечують — кровопостачання, дихання тощо.

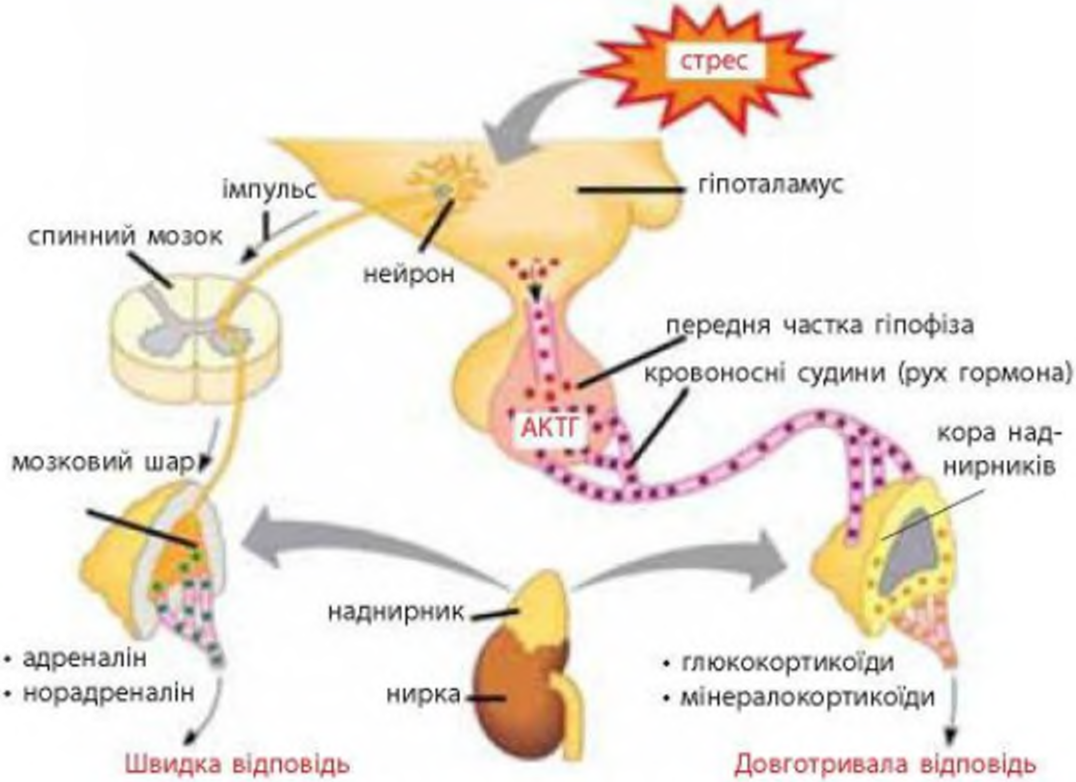
Також щитоподібна залоза виробляє гормон *кальцитонін* у відповідь на підвищення концентрації Кальцію в крові. Кальцитонін стимулює поглинання кальцію кістками і відповідно знижує його концентрацію.

У тканину щитоподібної залози занурені чотири ***паращитоподібні залози***. Вони виробляють *паратгормон*, який має дію, протилежну дії кальцитоніну. Паратгормон підвищує рівень кальцію в крові, стимулює вихід кальцію з кісток.

Гормони наднирників. Реакція організму на стрес.

Наднирники — це парні залози, масою 5 г кожна, які розташовані над нирками. Кожний наднирник складається із внутрішнього — мозкового, шару і зовнішнього — коркового, які функціонують незалежно один від одного. Мозковий шар виробляє *адреналін* та у меншій кількості *норадреналін* (останній в організмі в основному виконує роль нейропередатчика симпатичної нервової системи). Корковий — *глюкокортикоїди* (*кортизол*) та *мінералокортикоїди* (*альдостерон*). Наднирники контролює гіпоталамус, який стимулює їх активність у випадку дії будь-якого чинника, що викликає стрес (*стресора*) — фізичного (травма, холод, крововилив) чи емоційного (втрата близької людини, іспит, виграш у лотерею) (***мал. 10.9***).

За необхідності швидко реагувати на стресовий стимул гіпоталамус надсилає нервовий імпульс безпосередньо до мозкового



Мал. 10.9. Роль наднирників у реакції організму на стрес

шару. *Адреналін і норадреналін* мають швидку, але короткотривалу дію. Зокрема, підвищується частота серцевих скорочень, артеріальний тиск, мобілізуються енергетичні ресурси, покращується живлення і скорочення скелетних м'язів. Ця стадія реакції на стрес може тривати від секунд до годин.

Навпаки, *глюкокортикоїди* та *мінералокортикоїди коркового шару* зумовлюють довготривалу відповідь на стрес. У цьому випадку активація гіпоталамуса спричиняє вивільнення гіпофізом тропного гормона (АКТГ), який діє на корковий шар наднирників (*мал. 10.9*). *Мінералокортикоїди* регулюють водно-сольовий баланс організму, що веде до затримки води в організмі, відповідно до збільшення об'єму крові й підвищення артеріального тиску. *Глюкокортикоїди* регулюють обмін білків і жирів, пригнічують імунну відповідь організму та зменшують запалення. Ці зміни зумовлюють стійке і тривале збільшення опірності організму до дії стресу. Ця стадія може тривати години та дні. Якщо стресове навантаження триває надто довго, виснаження енергії та пригнічення імунної відповіді може призвести до незворотніх змін у вигляді хвороб та психічних розладів.

Висновки

1. Ендокринна система являє собою систему залоз, які не мають вивідних проток. Гормони, які виробляють і секретують ендокринні залози, надходять безпосередньо в кровоносне русло.
2. Функції ендокринної системи регулюються гормонами, гуморальними та нервовими чинниками.
3. Гіпоталамус є відділом ЦНС, де поєднуються нервові та гуморальні механізми регуляції.
4. Гіпофіз є головною ендокринною залозою, адже він секретує гормони, що регулюють функції інших ендокринних залоз.

Терміни і поняття

Залози внутрішньої секреції, залози зовнішньої серреції, гіпофіз, щитоподібна залоза, паращитоподібна залоза, епіфіз, наднирники.

Контрольні запитання

1. Чим відрізняються залози внутрішньої і зовнішньої секреції?
2. Яка роль передньої частки гіпофіза?
3. Яка роль задньої частки гіпофіза?
4. Які залози виробляють тиреоїдні гормони? Яка їх роль в організмі?
5. Якими шляхами гіпоталамус регулює швидку й довготривалу відповідь на стрес?
6. Що мається на увазі під протилежнодіючими ефектами кальцитоніну та паратгормона?
7. За механізмом негативного чи позитивного зворотного зв'язку регулюється активність окситоцину?

Завдання

1. Позначте процеси, які регулює ендокринна система:

а) рух організму;
б) розмноження;
в) обмін речовин;
г) водно-сольовий баланс.

2. Установіть відповідність:

А Тироксин	**1** Виділяється паращитоподібною залозою	**А**	
Б Гіпофіз	**2** Впливає на скорочення гладеньких м'язів	**Б**	
В Паратгормон	**3** Гормон наднирників	**В**	
Г Окситоцин	**4** Гормон щитоподібної залози	**Г**	
Д Мелатонін	**5** Головна ендокринна залоза	**Д**	
Е Адреналін	**6** Гормон епіфіза	**Е**	

3. Гіпофіз збільшує секрецію тропного гормона. Що зміниться у роботі залози-мішені?

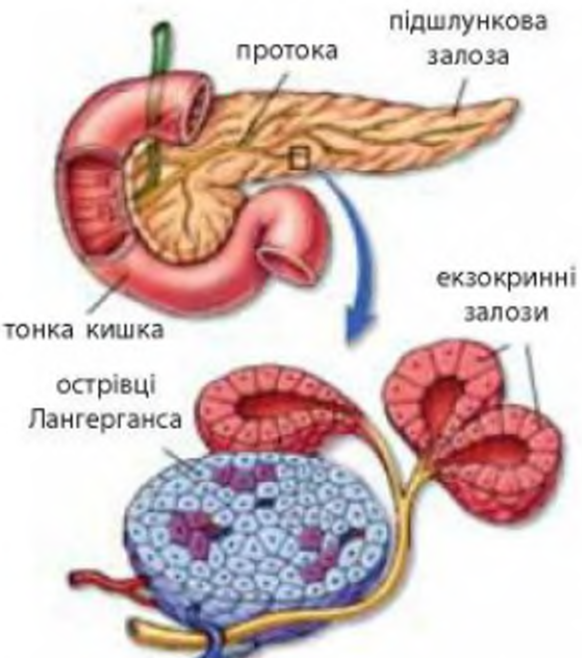
Для допитливих

Відомим дослідником і першим у дослідженнях реакції організму на стрес був професор Ганс Сельє (на фото). Згідно з його теорією, життя не існує без стресу; відсутність стресу — це смерть. Усе залежить від величини й тривалості стресового навантаження. Сельє виділяв два види стресу: еустрес і дистрес. Дистрес завжди призводить до негативних наслідків. Навпаки, еустрес — активізує психічні процеси, підвищує працездатність та зумовлює емоційне піднесення.

§ 3. ЗАЛОЗИ ЗМІШАНОЇ СЕКРЕЦІЇ

Ви дізнаєтеся, що існують органи подвійного призначення; які гормони регулюють сталий рівень глюкози в крові; які гормони беруть участь у статевому дозріванні.

◆ Чому чоловіки, на відміну від жінок, лисіють? У чому небезпека застосування «анаболіків»?



Мал. 10.10. Підшлункова залоза — залоза змішаної секреції

Ендокринна функція підшлункової залози

Згадайте, що під час вивчення теми «Травлення» ви дізналися, що підшлункова залоза секретує та доставляє протоками ферменти для перетравлення жирів, білків і вуглеводів — тобто про її зовнішньосекреторну функцію (*мал. 10.10*). Крім того, підшлункова залоза має спеціальні ендокринні клітини, які скупчуються в групи — острівці Лангерганса. Ці клітини виробляють гормони ***інсулін*** і ***глюкагон***, які секретуються в кровоносне русло. Це протилежнодіючі гормони, які забезпечують гомеостаз рівня глюкози в плазмі крові (*мал. 10.11*).

Мал. 10.11. Регуляція рівня глюкози у плазмі крові за допомогою протилежнодіючих гормонів (*а*) і її вимірювання (норма до 6,5 ммоль/л) глюкометром (*б*)

Інсулін утворюється в бета-клітинах підшлункової залози та секретується у відповідь на підвищений рівень глюкози в крові, що зазвичай виникає після прийому їжі. Це єдиний гормон, який знижує рівень глюкози в крові, тому що він сприяє транспорту глюкози в цитоплазму клітин скелетних м'язів і жирової тканини. У печінці та м'язах молекули глюкози накопичуються у вигляді глікогену, а в жировій тканині після метаболічних перетворень — молекул жиру. Таким чином, інсулін — це ключовий гормон, що сприяє процесам анаболізму.

За тривалого голодування, коли знижується рівень глюкози в крові, чи при підвищенні потреб в енергії інший гормон — глюкагон, який виробляють альфа-клітини, сприяє процесам катаболізму. Він стимулює розщеплення молекул глікогену клітин печінки, за рахунок чого підвищується рівень глюкози в крові.

Ми з вами щойно ознайомилися з класичною парою протилежнодіючих гормонів — інсуліном і глюкагоном — завдяки яким концентрація глюкози в плазмі крові балансує на сталому рівні в межах 4–6,5 ммоль/л (*мал. 10.11*).

Ендокринна функція статевих залоз

Статевими залозами в чоловіків є яєчка, які виробляють *чоловічий статевий гормон* — ***тестостерон***. Жіночі статеві залози — яєчники — виробляють *жіночі статеві гормони* — ***естроген і прогестерон***. Статеві гормони контролюються гонадотропними гормонами гіпофіза (*фолікулостимулюючим* та *лютеїнізуючим*). Крім того, в яєчках та яєчниках дозрівають статеві клітини, які протоками виходять назовні. Отже, ці органи мають подвійне призначення і тому належать до залоз змішаної секреції. Статеві гормони зумовлюють статеве дозрівання чоловіків і жінок, впливають на функцію розмноження та обмін речовин.

Застосування препаратів, які містять статеві гормони, без нагляду лікаря може мати згубні наслідки. Відомо, що деякі атлети приймають *анаболічні стероїди*, зокрема тестостерон. Разом зі швидким нарощуванням м'язової маси виникає велика кількість побічних ефектів — акне та неприємний запах тіла, адже тестостерон стимулює активність сальних й потових залоз. Також грубішає голос, збільшуються молочні залози, зменшуються статеві залози й відповідно їх природна здатність виробляти власні статеві гормони. Тестостерон спричиняє швидке облисіння, тому чоловіки, навіть ті, що не приймають анаболічні стероїди, часто лисіють.

Вилочкова залоза (тимус)

Розташована за грудиною, непарна залоза. *Тимус* досягає свого максимального розміру й активності в дитинстві до моменту статевого дозрівання. Після цього відбувається поступове зменшення його розміру й заміна епітеліальних клітин на жирові. Тимус секретує гормон *тимозин*, який бере участь у перетворенні лімфоцитів, що надійшли із кісткового мозку, у спеціалізовані клітини Т-лімфоцити (більш детально про їхню роль в імунній відповіді ви дізнаєтесь у наступних параграфах). Тобто вилочкова залоза разом з ендокринною відіграє визначну роль в імунному захисті нашого організму і тому належить до залоз подвійного призначення.

Висновки

1. Залози змішаної секреції одночасно виконують функції залоз внутрішньої та зовнішньої секреції.
2. Підшлункова залоза бере участь у виробленні травних ферментів, а також є головним органом у підтриманні гомеостазу глюкози.
3. Гормони підшлункової залози інсулін та глюкагон — це гормони протилежної дії. Інсулін знижує, а глюкагон — підвищує рівень глюкози в крові.
4. Статеві залози, яєчка у чоловіків і яєчники у жінок, виробляють статеві гормони, які регулюють статеве дозрівання чоловіків і жінок, впливають на функцію розмноження та обмін речовин.

Терміни і поняття

Інсулін, глюкагон, естроген, прогестерон, тестостерон.

Контрольні запитання

1. Поясніть, чому підшлункову залозу називають залозою змішаної секреції.
2. Який гормон є основним для нормалізації підвищеної концентрації глюкози в крові?
3. Як називаються жіночі статеві залози? Які гормони вони виробляють?
4. Як називаються чоловічі статеві залози? Який гормон вони виробляють?

Завдання

Ви забули взяти бутерброд у школу й залишилися без їжі до вечора. Що відбувається з рівнем глюкози в крові? Який гормон підшлункової залози починає виділятися в цей час і який механізм його дії?

Для допитливих

З історії відкриття інсуліну

Цукровий діабет — це одна з найсерйозніших хвороб сучасного світу, причинами якої є порушення вироблення інсуліну клітинами підшлункової залози (цукровий діабет I типу) чи зниження чутливості клітин до нього і відповідно зменшення транспорту глюкози у клітини навіть за наявності достатнього рівня інсуліну (цукровий діабет II типу). Основними ознаками захворювання є підвищення рівня глюкози в крові та сечі, великий добовий об'єм сечі (5 л і більше), спрага, оніміння пальців, порушення обміну речовин. Цукровий діабет викликає ускладнення, зокрема погіршення зору до повної сліпоти, хвороби нирок, серцево-судинні захворювання, у тому числі атеросклероз, інсульт. Внаслідок діабету порушується кровотік, що може стати причиною розвитку трофічних виразок кінцівок і навіть незворотнього відмирання тканини — гангрени. Для пацієнтів із цукровим діабетом I типу єдиним лікуванням є регулярні ін'єкції інсуліну.

Інсулін був уперше виділений із клітин підшлункової залози в 1920 році канадським лікарем Фредеріком Бантінгом. Він уперше отримав екстракт підшлункової залози. Коли він увів його собакам із діабетом, це привело до зниження рівня глюкози в крові. Біохіміки виділили чистий інсулін із даного екстракту, і вже в 1922 році перші пацієнти й пацієнтки з цукровим діабетом отримували ін'єкції інсуліну із підшлункової залози худоби. У 1953 році було розшифровано амінокислотну послідовність молекули інсуліну, що дало змогу налагодити його біотехнологічне виробництво. У 1923 році Фредерік Бантінг отримав Нобелівську премію за своє відкриття.

§ 4. ПРОФІЛАКТИКА ЗАХВОРЮВАНЬ ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтесь, яка наука вивчає захворювання ендокринної системи, які основні механізми порушення ендокринної регуляції і як їм запобігти.

- Оповідання «Гулівер у країні ліліпутів» — вигадка чи правда? Яка людина має найбільший, а яка — найменший зріст?

Гормони регулюють темпи росту, статеве дозрівання, розмноження. Без адекватної відповіді ендокринної системи на стресові стимули організм людини не здатен підтримувати гомеостаз внутрішнього середовища. На жаль, хвороби, пов'язані з порушення-

Мал. 10.12. Гігантизм (Султан Косен, Туреччина — 2,7 м) і карликовість (Чандра Бахадур Дангі, Непал — 53,3 см)

Мал. 10.13. Базедова хвороба

ми ендокринної системи, виникають досить часто. Галузь медицини, що вивчає порушення діяльності ендокринних залоз, називають ***ендокринологією***, а лікаря чи лікарку, які ними опікуються — **ендокринологами.** Зазвичай основним механізмом, що лежить в основі ендокринних захворювань, є зменшення або збільшення секреції гормона, відповідно *гіпосекреторний* або *гіперсекреторний* стан (від грец. *hypo* — внизу; *hyper* — занадто).

Гіперсекреція ендокринних залоз часто спричинена пухлиною. Наприклад, пухлина гіпофіза зумовлює гіперсекрецію гормона росту. Якщо це виникає в дитинстві, то виростають дуже довгими руки, ноги та незвичайно довге тіло. Цей стан називається ***гігантизм*** (*мал. 10.12*). Він трапляється досить рідко. Якщо ж гіперсекреція гормона росту розвивається в дорослому віці, коли кістки вже не ростуть у довжину, у розмірі збільшуються кістки ступнів, долонь, обличчя — цей стан називається ***акромегалія***.

Карликовість — сповільнення росту людини, причиною якого може бути недостатнє утворення гормона росту (*мал. 10.12*).

Іншим прикладом захворювання, спричиненого надмірним виділенням тироксину та трийодтироніну щитоподібною залозою, є ***базедова хвороба*** (***гіпертиреоз***). Характеризується інтенсивним обміном речовин, зменшенням маси тіла за умови доброго апетиту, прискоренням серцебиття, посиленою пітливістю, незначним, але тривалим підвищенням температури тіла, нервозністю, неврівноваженістю. Може розвиватися зоб (випин на шиї). У людей із базедовою хворобою опуклі очі внаслідок запалення очної орбіти (*мал. 10.13*).

Гіпосекреція ендокринних залоз в основному спричинена руйнуванням гормон-секретувальних клітин. Розвиток ***цукрового діабету I типу*** пов'язаний із гіпосекрецією інсуліну, яка розвивається внаслідок аутоімунного руйнування клітин острівців Лангерганса (*аутоімунні захворювання* виникають унаслідок «помилки» в імунній реакції організму. Клітини імунного захисту не впізнають клі-

тини тіла і вважають їх за чужорідні, які потрібно знешкодити). Такі хворі повинні постійно вимірювати рівень глюкози в крові, використовуючи спеціальний прилад — глюкометр (*мал. 10.11, б*).

За гіпосекреції тироксину розвивається ***мікседема*** (*гіпотиріоз*). У людини збільшується маса тіла за умови браку апетиту, набряки, сповільнення процесів катаболізму. Крім того, дефіцит Йоду є основною причиною розумової відсталості. У матері з йододефіцитом, і відповідно з нестачею тиреоїдних гормонів, високий шанс народити дитину з ***кретинізмом***. Ці діти невисокого зросту, розумово відсталі, іноді глухі та німі. Вважається, що вживання з їжею йодованої солі достатнє для запобігання розвитку хвороб.

Бронзова хвороба (***Аддісонова хвороба***) — захворювання, спричинене нестачею кортикостероїдів. Ознаки — порушення вуглеводного і мінерального обміну, м'язова слабкість, зниження маси тіла, артеріального тиску, випадіння волосся, шкіра набуває бронзового відтінку.

Втрата чи зменшення чутливості до дії гормонів.

Цей стан розвивається за умов нормальної секреторної функції ендокринних залоз, при цьому клітини-мішені втрачають здатність відповідати на гормональні стимули. Класичним прикладом є розвиток ***цукрового діабету II типу***, коли підшлункова залоза виробляє достатню кількість інсуліну, але клітини не реагують на нього і в підсумку не здатні захоплювати глюкозу. Основною причиною цієї хвороби вважається ожиріння. Жирова тканина виробляє спеціальні речовини, які зменшують чутливість клітин до інсуліну. Тому одним із профілактично-лікувальних заходів є дієта з низьким умістом жирів і вуглеводів, фізичні вправи. Накопичення глюкози в кровоносному руслі за цукрового діабету II типу, аналогічно до діабету I типу, призводить до погіршення зору, сліпоти, серцево-судинних захворювань тощо.

Висновки

1. Захворювання ендокринної системи розвиваються внаслідок гіперсекреції чи гіпосекреції гормонів, а також утрати чи зменшення чутливості клітин-мішеней до дії гормонів за умов їх нормального рівня.
2. Деякі захворювання можуть розвиватися внаслідок нестачі в їжі речовин, що входять до складу гормонів.
3. Йододефіцит є розповсюдженою причиною затримки розумового розвитку, порушення обміну речовин тощо.

Терміни і поняття

Ендокринологія, гігантизм, карликовість, гіпотиреоз, гіпертиреоз, цукровий діабет, акромегалія, кретинізм, бронзова хвороба.

Контрольні запитання

1. Яку назву має галузь медицини, що вивчає порушення діяльності ендокринних залоз?
2. До складу яких гормонів увіходить Йод? Які захворювання пов'язані з нестачею Йоду в організмі?
3. Дайте визначення гіперсекреції. Наведіть приклади хвороб, які виникають на фоні гіперсекреції ендокринних залоз.

Завдання

Поясніть, чому у хворого на діабет II типу не знижений рівень інсуліну. Якщо зробити йому ін'єкцію інсуліну, чи допоможе це зняти симптоми підвищеного рівня глюкози в плазмі крові?

§ 5. ІМУННА СИСТЕМА. ІМУНІТЕТ. НЕСПЕЦИФІЧНИЙ ІМУНІТЕТ

Ви дізнаєтеся, що ваш організм, як фортеця, оточений захисним ровом і валом — і не одним. Цей багаторівневий захист забезпечує його імунна система у співпраці з лімфатичною системою.

- Чому під час епідемії грипу одні люди хворіють, а інші — ні? Як я можу покращити свої шанси не захворіти інфекційною хворобою? Що означає імунна відповідь?

Організм людини постійно стикається з різними мікроорганізмами — бактеріями, вірусами, хвороботворними грибками, а також зі шкідливими продуктами їх життєдіяльності. Вони мають загальну назву — ***патогени***, адже всі вони можуть викликати патологічні зміни — захворювання. Потенційні патогени постійно є на шкірі, у порожнині рота, у дихальних шляхах, кишковому тракті, органах сечовидільної системи. На щастя, вони, як правило, не викликають захворювання. Проте за певних умов, коли захисні механізми людини чомусь не спрацювали або в організм потрапили надзвичайно агресивні мікроорганізми, вони можуть спричинити важкі захворювання і навіть смерть людини. Прикладами таких захворювань є пневмонія, стрептококові й стафілококові інфекції, менінгіт, тифозна лихоманка та багато інших.

Стрептококи і стафілококи — це бактерії, які є повсюди — від ґрунту й до шкіри та слизових оболонок людини. Вони є частиною нормальної ***мікробіоти*** (як ви пам'ятаєте, це — сукупність мікроорганізмів, що населяють певне середовище — ґрунт, харчові продукти, а також організм людини). Ви можете запитати, чому одні й ті самі бактерії можуть бути нешкідливими або викликати інфекційні хвороби. Відповісти на це запитання не так просто!

Імунітет і імунна система людини

Організм людини має спеціальну імунну систему для боротьби з патогенами. ***Імунітет*** (від лат. *immunis* — звільнений) — це здатність організму протистояти захворюванню. Імунітет забезпечують як клітини — вже відомі вам лейкоцити, так і молекули, які циркулюють із кров'ю — антитіла. Перші можуть знищувати патогени шляхом фагоцитозу, другі — шляхом специфічного зв'язування з патогенами та їх знешкодження.

Імунітет забезпечується двома підсистемами — неспецифічного і специфічного імунітету. Їх взаємодію можна порівняти з фортецею, що захищає ваш організм (*мал. 10.14*). Після народження дитина вже має ***неспецифічний***, або ***вроджений, імунітет***. Він включає внутрішній захист (наша фортеця) від патогенів, що потрапили в організм, а також зовнішній захист — різноманітні бар'єри від проникнення патогенів (заповнений водою оборонний рів). Проте організм із часом створює притаманний лише йому **специфічний**, або **набутий, імунітет**. Ці системи захисту здатні протистояти не лише зовнішнім ворогам, а й внутрішнім — раковим клітинам. Хоча розпізнати внутрішнього ворога їм буває досить важко, адже він намагається маскуватися.

Неспецифічний (вроджений) імунітет

Зовнішні бар'єри від патогенів

Багато з цих захисних механізмів вам уже добре відомі з інших тем — це ***механічні бар'єри***: шкіра, слизові оболонки, слиз, миготливий епітелій і хімічний захист — зокрема ферменти й, особливо, хлоридна кислота, що секретується в шлунку. Вона

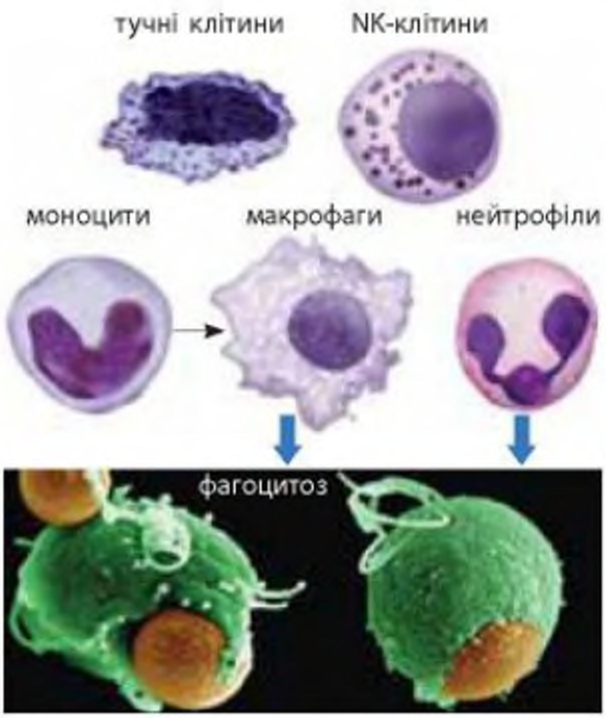
Мал. 10.14. Імунітет включає неспецифічний і специфічний захист

здатна знищити більшість мікроорганізмів, які потрапляють у наш організм із їжею і напоями. Ці бар'єри є ефективними тільки тоді, коли вони не ушкоджені.

Внутрішній захист

Якщо патогени все ж таки подолали ваш захист, то в боротьбу з ними вступає внутрішній захист (*мал. 10.14*). Важливу роль у захисті організму від патогенів відіграють *лейкоцити* (*мал. 10.15*). Ці клітини можуть рухатися амебоподібним способом, накопичуються в місці ушкодження й проникнення патогенів. Ці клітини — наші мобільні захисники, які разом з клітинами інших типів беруть участь у забезпеченні ***клітинного імунітету***. Лейкоцити утворюються не тільки в кістковому мозку, а й у лімфоїдній тканині (лімфатичні вузли, селезінка, вилочкова залоза — тимус, мигдалики, апендикс, слизові оболонки деяких органів).

Розрізняють декілька форм лейкоцитів (більшість із них показано на *мал. 10.15*), які виконують різноманітні функції імунного захисту. ***Лімфоцити*** утворюються постійно і з током лімфи потрапляють у кров, розповсюджуються по всьому організму, а потім із міжклітинної рідини знову потрапляють у лімфатичну систему. Ці клітини живуть до декількох місяців і навіть років та постійно циркулюють в організмі, «спостерігаючи» за потенційними загрозами. Отже, лімфатична система не тільки забезпечує дренаж зайвої міжклітинної рідини (тема «Транспорт речовин»), а й бере найактивнішу участь в імунному захисті. Лімфатичні вузли виконують свого роду функцію природного фільтра, який затримує патогени. Збільшення, набухання лімфатичних вузлів сигналізує про наявність в організмі великої кількості патогенів — інфекційне захворювання. Одним із видів лімфоцитів є ***NK-клітини*** (від англ. *Natural Killer* — природні вбивці), які постійно полюють на клітини, що не мають «своїх» поверхневих маркерів. Вони здатні знешкоджувати й ракові клітини організму.



Мал. 10.15. Лейкоцити, що виконують різні функції неспецифічного захисту

Моноцити циркулюють із кров'ю, але, потрапивши в тканину, перетворюються на ***макро-***

фаги — великі клітини, здатні до *фагоцитозу*, тобто поглинання й руйнації патогенів.

Нейтрофіли й ***еозинофіли*** також здатні до фагоцитозу, але, на відміну від макрофагів, здатні поглинати лише відносно невеликі частинки або клітини.

Базофіли й подібні до них **тучні клітини** накопичуються в сполучних тканинах та, особливо, у слизових оболонках. Вони, як і еозинофіли, секретують різні хімічні речовини в місці ушкодження. Ці клітини відіграють важливу роль при запаленні й алергічних реакціях, про які ми ще поговоримо пізніше.

Мал. 10.16. Лейкоцити виділяють речовини (цитокіни), які викликають запалення внаслідок проникнення бактерій крізь ранку на шкірі

Співвідношення лейкоцитів різних видів змінюється при ряді захворювань. Воно відоме як ***лейкоцитарна формула***, що в клінічній практиці має важливе діагностичне значення.

У місці проникнення патогена клітини починають синтезувати особливі білки — ***цитокіни***, що сигналізують іншим клітинам про проблеми. Один із їх типів — це багатьом відомий ***інтерферон***, який виробляється клітинами при вірусних інфекціях. Цитокіни ініціюють процес ***запалення***, що супроводжується почервонінням, набряком, болем в інфікованому місці (*мал. 10.16*). Хімічні речовини в місці запалення підвищують проникність стінки капілярів, саме тому виникає набряк тканини й біль. Але ця реакція, незважаючи на такі неприємні симптоми, має важливе захисне значення, адже завдяки їй із капілярів в ушкодженому місці починають швидко виходити лейкоцити, які знищують не тільки патогени, а й уражені ними клітини.

Висновки

1. Організм людини постійно стикається з різними мікроорганізмами — бактеріями, вірусами, хвороботворними грибами, а також зі шкідливими продуктами їх життєдіяльності.
2. Імунітет — це здатність організму розпізнавати вторгнення небезпечних патогенів і мобілізувати спеціалізовані клітини й молекули для захисту. Імунітет — це системна функція усього організму.
3. Неспецифічний (вроджений) імунітет спрямований проти всіх потенційних патогенів. Він включає механізми зовнішнього і внутрішнього захисту.
4. Зовнішній захист — це фізичні й хімічні бар'єри від проникнення в організм патогенів.
5. Внутрішній захист базується на молекулярних і клітинних механізмах і включає фагоцитоз, NK-клітини, синтез цитокінів, запалення.

Терміни і поняття

Патогени, мікробіота, імунітет, неспецифічний (вроджений) імунітет, специфічний (набутий) імунітет, бар'єри від проникнення патогенів, клітинний імунітет, лімфоцити, NK-клітини, моноцити, макрофаги, нейтрофіли, еозинофіли, базофіли, тучні клітини, лейкоцитарна формула, цитокіни, інтерферон, запалення.

Контрольні запитання

1. Поясніть, що таке імунітет і в чому полягає його біологічне значення.
2. Які клітини забезпечують неспецифічний внутрішній захист?
3. Якщо вас ужалила бджола, то в місці укусу виникає почервоніння, набряк, біль — усі ознаки запалення. Чи є це імунною відповіддю організму?
4. Яким чином забезпечується бар'єрна функція шкіри?
5. Як ви можете допомогти своїй імунній системі боротися з патогенами?

Завдання

У темі «Дихання» ви дізналися про ряд профілактичних заходів для запобігання поширеним захворюванням дихальної системи. Проаналізуйте останній параграф теми «Дихання» із застосуванням щойно набутих знань про імунний захист людини. Тепер складіть таблицю за таким зразком:

Захворювання	Профілактичні заходи	Чому це важливо
1. Грип	У місцях скупчення людей важливо користуватися марлевими пов'язками	Це покращує бар'єрний захист дихальної системи
2.		
3.		

§ 6. СПЕЦИФІЧНИЙ ІМУНІТЕТ. ІМУНІЗАЦІЯ

Ви дізнаєтесь, як формується і працює специфічний імунітет; чому важливо робити щеплення.

◆ Чи обов'язково мені робити щеплення? Чи це правда, що без мікроорганізмів, які населяють травний тракт, може розвинутися запалення?

Специфічний (набутий) імунітет

Специфічний імунітет — це реакції захисту організму спрямовані на боротьбу з патогенами, з якими організм раніше вже зустрічався. Найбільш значна й важлива частина загального імунітету належить саме до захисту цього типу, і більша його частина виникає саме в дитинстві!

Специфічний імунітет, на відміну від неспецифічного, базується на його «імунологічній пам'яті». Це означає, що організм людини якимось чином здатен «запам'ятати» свого ворога й постійно підтримувати в готовності відповідні засоби захисту. Як це відбувається?

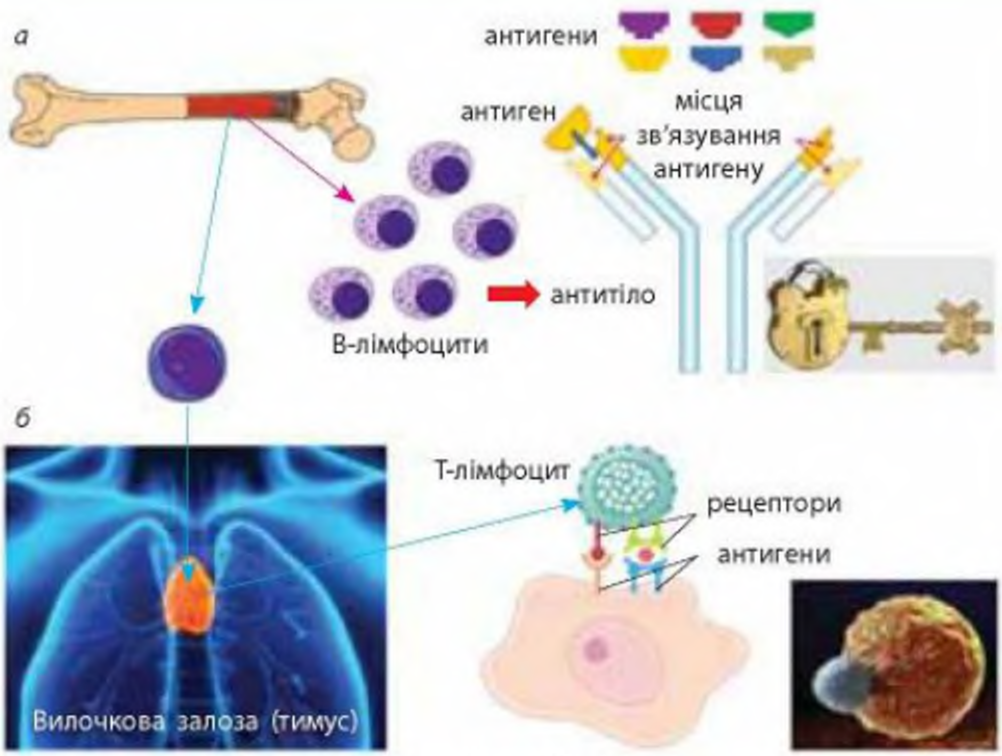
Специфічний захист складається з двох основних частин — гуморальної імунної відповіді й клітинної відповіді (*мал. 10.17*). Відповідно, специфічний імунітет забезпечується клітинами двох типів — ***В-*** і ***Т-лімфоцитами***. Тип лімфоцита визначається тим, де він дозріває. В-лімфоцити дозрівають у кістковому мозку (з англ. *Bone marrow*, звідси В-лімфоцити), а Т-лімфоцити дозрівають у вилочковій залозі (з анг. *Thymus*, звідси Т-лімфоцити). Вилочкова залоза — це спеціалізований орган імунної системи, який особливо активний у дитинстві (згадайте, що це також і залоза ендокринної системи).

Гуморальний імунітет. Антигени та антитіла

Під час вивчення функцій крові ви вже дізналися про антигени й антитіла — ми тоді розглядали антигени (аглютиногени) на поверхні еритроцитів, що визначають групу крові, й антитіла (аглютиніни) у плазмі крові. Подібні молекули — ***антигени*** — є й на поверхні патогенів, і саме їх розпізнає наша імунна система як «чужих». Антитіла продукуються В-лімфоцитами після їх дозрівання і активації (*мал. 10.17*). ***Антитіла*** це називають ***імуноглобулінами***. Це білкові молекули у формі літери Y, які мають місця для зв'язування антигенів. Ці місця мають дуже специфічну для антигена кожного типу будову, що забезпечує його високоспецифічне зв'язування за принципом «ключ-замок». Антитіла забезпечують ***гуморальну імунну відповідь*** (*мал. 10.17, а*). Гуморальна означає, що антитіла секретуються в кров і з нею досягають кожної клітини тіла. Таким чином, дві основні характеристики цього виду імунітету — це його специфічність і системність.

Як працюють антитіла? Для знищення патогена у них є декілька варіантів дій. Найчастіше вони це роблять за зразком уже відомої вам реакції аглютинації, тобто зв'язують антигени. В інших випадках вони нібито ставлять «позначку» на патогені. Її розпізнають макрофаги, для них це сигнал про те, що цю клітину потрібно знищити.

Продукція антитіл В-лімфоцитами у відповідь на патоген називається ***активним набутим імунітетом***. Він може бути як ***природним*** (людина, яка перехворіла на кір, удруге вже не захворіє), так і ***штучним*** — результатом вакцинації (дві дози вакцини проти кору гарантують захист на все життя). Є також і ***пасивний імунний захист*** — це результат введення готових антитіл (найчастіше



Мал. 10.17. Специфічний імунітет включає гуморальний (*а*) і клітинний (*б*) імунітет

їх отримують із крові імунізованих людей або тварин). Так працюють антитіла матері, що потрапляють із кровотоком через плаценту до плода. Так працюють й антидоти проти зміїних отрут або ін'єкції антитіл проти вірусу гепатиту. Порівняно з активно набутим імунітетом такий захист швидкий, але нетривалий.

Клітинний імунітет

Паралельно працює *клітинний імунітет. Цей вид захисту забезпечують Т-лімфоцити (мал. 10.17, б).* Так само, як для кожного антигена В-лімфоцити виробляють специфічні антитіла, Т-лімфоцити виробляють специфічні рецептори, що розташовані на їхній поверхні. Кожний тип Т-лімфоцитів має лише один тип таких рецепторів, тому для боротьби із різними патогенами організм створює цілу колекцію Т-лімфоцитів! Вони за допомогою цих рецепторів зв'язуються з «чужими» клітинами й руйнують їх. Вони також здатні розпізнавати інфіковані клітини, а також перероджені клітини власного організму — ракові — і теж нищити їх.

Природний набутий імунітет

В- і Т-лімфоцити допомагають організму захищатися від тих чи інших патогенів, зокрема вони потрібні для боротьби зі збудниками інфекційних захворювань. Якщо людина захворіла впер-

Мал. 10.18. Розвиток первинної і вторинної імунної відповіді організму на патоген

ше, то в неї розвивається так звана ***первинна імунна відповідь*** (*мал. 10.18*). Але що трапляється з В- і Т-лімфоцитами потім, коли людина одужала? Більшість В- і Т-лімфоцитів гинуть, але деякі з них залишаються в організмі на багато років після перенесеного захворювання — часто на все життя. Ці клітини формують «пам'ять» організму про захворювання. Якщо такий самий патоген знову потрапить в організм, ці клітини-носії імунної пам'яті починають швидко ділитися, і нова армія клітин швидко й рішуче знищує патогени. Адже вони їх уже знають і мають проти них специфічну зброю — їм не потрібен час, щоб її винайти. Тому їх друга атака на патогени є набагато ефективнішою, ніж перша, і хвороба не має шансу розвинутися. Це так звана ***вторинна імунна відповідь*** (*мал. 10.18*).

Штучний набутий імунітет і імунізація (вакцинація)

Для набуття імунітету не обов'язково перехворіти. Імунітет можна виробити шляхом вакцинації. ***Вакцинація***, або ***імунізація***, — це навмисне введення людині патогенних речовин із метою виробити в неї специфічний імунітет. Імунізацію часто проводять повторно, з інтервалом у декілька тижнів або місяців, адже це дає змогу отримати більш сильний і тривалий захист (*мал. 10.18*).

Для імунізації людині вводять *модифікований патоген*, як правило, шляхом підшкірної ін'єкції. Ви можете подумати, що це ж небезпечно, але зверніть увагу на ключове слово — *модифікований*. Це означає, що для імунізації патоген дуже сильно ослаблюють або вбивають хімічним шляхом чи високою температурою, і тому захворювання ніяк не може розвинутися. Вакцинація запускає імунну відповідь на антиген патогенних мікроорганізмів. По суті, вакцина лише імітує інфекцію, активує імунну систему, створює в організмі «імунологічну пам'ять» про захворювання, якого насправді не сталося! У цьому полягає цінність вакцинації, адже вона відповідає золотому правилу — краще запобігти, ніж лікувати.

Вакцинація може захистити від багатьох захворювань. У країнах світу програми вакцинації населення різноманітні, адже і поширеність тих чи інших захворювань у світі має свої особливості. До Календаря профілактичних щеплень в Україні на

момент написання підручника внесено вакцинацію проти 10 небезпечних інфекцій: 5 із них спричинені вірусами (гепатит В, поліомієліт, кір, краснуха і свинка) і 5 — бактеріями (туберкульоз, правець, кашлюк, дифтерія, гемофільна інфекція).

Щеплення важливо зробити завчасно, тобто до початку масштабної епідемії, адже імунітет виникає не одразу (*мал. 10.18*). Вакцинація населення — це дуже важливий і надійний засіб уникнення захворювання. Завдяки імунізації у світі повністю було ліквідовано віспу, яка колись була поширеним, небезпечним захворюванням.

Необхідні дітям щеплення роблять у школах або лікарнях безкоштовно (за згодою батьків). Календар профілактичних щеплень в Україні затверджує Міністерство охорони здоров'я України з урахуванням ризиків захворювань для населення. Поточну інформацію можна знайти на сайті МОЗ *http://www.moz.gov.ua/ua/portal/*.

До імунізації треба ставитися свідомо й відповідально. Важко вберегтися від грипу, коли довкола тебе багато хворих людей. Але якщо кожен буде дотримуватися правил профілактики грипу, то від цього виграють усі. Є навіть таке поняття, як ***спільний***, або ***колективний***, ***імунітет***. Він починає працювати, коли більшість населення (принаймні 95 %) зробили щеплення — тоді збудник інфекції просто не має шансу на розповсюдження.

Висновки

1. Специфічний імунітет, на відміну від неспецифічного, є системною відповіддю організму і базується на його «імунологічній пам'яті» про колишню зустріч із патогеном.
2. Специфічний захист є набутим імунітетом, що складається з двох основних частин — гуморальної і клітинної імунної відповіді.
3. В-лімфоцити продукують специфічні антитіла, які знешкоджують патогени і таким чином забезпечують гуморальну імунну відповідь.
4. Паралельно працює клітинний імунітет. Цей вид захисту забезпечують Т-лімфоцити.
5. Вакцинація (імунізація) — це навмисне введення людині патогенних речовин із метою виробити в неї специфічний імунітет.

Терміни і поняття

Антиген, антитіло (імуноглобулін), гуморальна імунна відповідь, клітинний імунітет, В- і Т-лімфоцити, активний набутий імунітет (природний, штучний), пасивний імунний захист, вакцинація (імунізація), первинна і вторинна імунна відповідь, колективний імунітет.

Контрольні запитання

1. У чому полягає різниця між специфічним і неспецифічним імунітетом?
2. Які фактори викликають імунну відповідь?
3. Що таке антитіло і в чому полягає його захисна роль?
4. У чому полягає різниця між гуморальним і клітинним імунітетом?
5. Як ви розумієте термін «колективний імунітет»? У чому полягає його значення і що потрібно для його підтримання?

Завдання

Проаналізуйте спільні і відмінні риси неспецифічного і специфічного імунітету. Результати аналізу оформіть у вигляді порівняльної таблиці.

§ 7. АЛЕРГІЯ. СНІД

Ви дізнаєтеся, чому виникає алергія і що таке СНІД.

◆ Чому лікар завжди питає, чи немає у хворого алергії на ліки?

Інколи захисні реакції організму, якщо вони стають надмірними, теж можуть спричиняти захворювання. Наприклад, кашель захищає органи дихання від потрапляння до них шкідливих речовин і патогенів. Але іноді після перенесених інфекцій він стає хронічним і триває тижні й місяці, хоча потреба в кашлі практично зникла.

Як і в будь-якій іншій, в імунній системі людини теж можуть виникати розлади. Інколи вона «помиляється» і починає реагувати на речовини, що не є шкідливими. Інколи вона починає навіть атакувати власні клітини і тим спричиняти так звані *аутоімунні захворювання*. Цілий ряд факторів може також пригнічувати функцію імунної системи.

Алергія

Алергія виникає як порушення роботи імунної системи, за якого у відповідь на нейтральний, нешкідливий антиген виникає реакція запалення. Антиген, що спричиняє таку реакцію, називається ***алерген***. Алергени можуть потрапляти в організм із вдихуваним повітрям, з їжею або потрапити на шкіру. Алергічні реакції (кашель, чхання) при вдиханні алергенів часто спричиняє пилок амброзії. Алергічні реакції також часто спричиняють шерсть домашніх тварин, пліснява, укуси комах, деякі харчові продукти, побутові хімічні засоби, лікарські препарати.

Симптоми можуть бути від помірних до дуже сильних. Найнебезпечніша реакція на алерген, яка швидко розвивається і може бути летальною, дістала назву ***анафілаксія***. Значну роль у виникненні алергії відіграє речовина гістамін, що секретується тучними клітинами (*мал. 10.15*). Активація тучних клітин викликає симптоми астми, свербіння, алергічного риніту та алергічного кон'юнктивіту. Тому препарати, які блокують рецептори гістаміну (антигістамінні препарати) використовують для лікування цих захворювань.

Поширеною формою алергії є ***сінна лихоманка***, що часто виникає у відповідь на пилок певних рослин і тому є сезонною. Сінна лихоманка — це алергічна реакція слизових оболонок носової порожнини і придаткових пазух носа. Гістамін збільшує проникність капілярів, що спричиняє секрецію значної кількості рідини, набряк слизових оболонок. Антигістамінні препарати допомагають подолати такі симптоми.

Імунодефіцит і СНІД

Імунодефіцит — це часткова або повна нездатність імунної системи забезпечувати імунний захист організму від патогенів. Він може бути вродженим або набутим. Причинами набутого імунодефіциту є недостатнє харчування, отруєння хімічними речовинами, сильний стрес, а також інфікування патогенами, які цілеспрямовано атакують імунну систему людини.

У 1983 році вчені ідентифікували вірус, що викликає так званий ***синдром набутого імунодефіциту***, або скорочено — ***СНІД*** (*мал. 10.19*). Про це захворювання вам особливо важливо знати, адже ви вже на порозі дорослого життя, а це захворювання найчастіше передається статевим шляхом. СНІД спричиняє ***вірус імунодефіциту людини*** (*ВІЛ*) — цей вірус вражає клітини імунної системи і тим самим залишає організм без його оборони проти інших інфекцій. Інфіковані ВІЛ люди поступово втрачають імунний захист і стають дедалі схильнішими до інфекційних захворювань. СНІД — це вже остання, найбільш важка стадія захворювання, яке прогресує 10–15 років, а із застосуванням антивірусної терапії значно довше.

Мал. 10.19. ВІЛ (зелені цяточки) на поверхні макрофага (рожева клітина) (сканувальна електронна мікроскопія)

Крім статевих контактів (особливо незахищених, випадкових), ВІЛ поши-

рюється серед наркозалежних людей, коли вони користуються одним і тим самим шприцом. ВІЛ також може передаватися від хворої матері до її дитини під час вагітності, пологів або вигодовування грудним молоком. ВІЛ не передається при рукостисканні та інших побутових контактах.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, у 2014 р. у всьому світі було 36,9 млн інфікованих ВІЛ, із них дітей молодше 15 років — 2,6 млн. Смертність від СНІДу становила 1,2 млн. Найбільша кількість інфікованих людей проживає в більшості країн Африки, де кількість інфікованих досягає 4,5 % населення. Значною проблемою в боротьбі з ВІЛ є те, що хвороба розвивається повільно, спочатку навіть непомітно. За даними ВООЗ, лише приблизно половина хворих (54 %) знає, що вони інфіковані ВІЛ. Тому важливою є рання лабораторна діагностика — для цього лікарні пропонують безкоштовне, анонімне тестування. Завдяки цьому, а також ознайомленню населення з ризиками зараження ВІЛ, щорічна кількість нових випадків у країнах ЄС зараз стабілізувалася, хоча загальна кількість інфікованих продовжує зростати.

Раніше СНІД спричиняв майже 100 % смертність (зокрема від пневмонії на фоні різко зниженого імунітету), але зараз, із застосуванням сучасних засобів діагностики й лікування, СНІД став швидше хронічним захворюванням, перебіг якого вдається контролювати.

Висновки

1. Порушення функції імунної системи включають як надмірно сильні реакції, так і їх ослаблення.
2. Алергія виникає, коли у відповідь на нешкідливий антиген виникає запалення.
3. Антиген, що викликає алергічну реакцію, називається алергеном.
4. Імунодефіцит може спричинятися недостатнім харчуванням, отруєнням хімічними речовинами, сильним стресом і ВІЛ, що викликає захворювання на СНІД.

Терміни і поняття

Алергія, алерген, анафілаксія, сінна лихоманка, імунодефіцит, вірус імунодефіциту людини (ВІЛ), синдром набутого імунодефіциту (СНІД).

Контрольні запитання

1. Як виникає алергічна реакція?
2. Які фактори можуть бути алергенами?
3. До яких важких наслідків може призвести алергія до ліків?
4. Яким чином поширюється ВІЛ?
5. Чому потрібна рання діагностика ВІЛ?

Завдання

Інколи люди, що страждають від алергії, отримують «щеплення» від недуги. Їм вводять дуже малу кількість алергену, який є причиною алергічних реакцій. Такі щеплення регулярно повторюють, при цьому доза алергену поступово збільшується. Подумайте, яким чином це може допомогти подолати алергію. Зокрема, подумайте над запитанням, чи може таке «щеплення» допомогти позбутися недуги взагалі чи воно лікує тільки її симптоми. Дайте розгорнуту письмову відповідь на це запитання.

Для допитливих

Яких реакцій можна очікувати після вакцинації

Після вакцинації можуть виникати побічні реакції. Вони бувають двох типів. Місцеві реакції супроводжуються припухлістю, почервонінням і больовими відчуттями в місці уколу. Зустрічаються також невелике підвищення температури, висипання, зокрема після введення вакцини проти кору, краснухи, паротиту (свинки). Такі симптоми швидко проходять без лікування.

Дуже рідко, але виникають важкі побічні реакції. Наприклад, може розвинутися вже відома вам анафілаксія.

Трапляються і реакції, які швидше нагадують стрес, — запаморочення, нудота, навіть непритомність — через страх робити укол.

Підіб'ємо підсумки

1. Ми запам'ятали, що гомеостаз — це не сталість параметрів, а їх динамічна рівновага.
2. Ми довідались, як взаємодіють різні системи в підтриманні гомеостазу і регуляції різних функцій.
3. Ми дізналися про будову й функції ендокринної системи та їх роль у порушеннях процесів обміну речовин, розмноження, розвитку та росту.
4. Ми зрозуміли, що таке імунітет і як він працює та для чого потрібно робити щеплення.
5. Ми усвідомили, чому виникає алергія.
6. Ми дізналися, що таке ВІЛ і СНІД.

Знаю — вмію

- Я знаю різницю між залозами внутрішньої та змішаної секреції.
- Я знаю місце розташування ендокринних залоз в організмі людини.
- Я знаю, що ендокринні залози секретують гормони безпосередньо в кров і тому називаються залозами внутрішньої секреції.
- Я знаю, що потрібно вживати йодовану сіль та інші продукти з високим вмістом йоду для профілактики йододефіциту.
- Я знаю, як змінюються функції ендокринних залоз з віком.
- Я вмію розрізняти види імунітету.
- Я знаю, як поширюється ВІЛ і як знизити ризик захворювання на СНІД.
- Я знаю імунні реакції організму.
- Я вмію пояснити роль саморегуляції у підтриманні гомеостазу.
- Я знаю про важливість імунізації і як це покращує не тільки мій власний захист від інфекцій, а й колективний імунітет.
- Я знаю, які побічні симптоми можуть виникнути після щеплення, але розумію, що щеплення дає значно більше переваг, ніж створює тимчасових неприємностей.

РОЗМНОЖЕННЯ ТА РОЗВИТОК ЛЮДИНИ

Вивчаючи цю тему, ви дізнаєтеся:

- будову та функції репродуктивної системи;
- статеве дозрівання. Що таке первинні та вторинні статеві ознаки;
- як відбувається процес запліднення та розвиток зародка і плода. Як впливають фактори середовища та спосіб життя батьків на ці процеси;
- як розвивається дитина після народження

§ 1. БУДОВА ТА ФУНКЦІЇ РЕПРОДУКТИВНОЇ СИСТЕМИ

Ви дізнаєтесь, які органи входять до складу репродуктивної системи чоловіків і жінок, які функції виконують. А також де утворюються статеві клітини.

◆ Що таке простáта? У чому полягає її значення для репродуктивної функції чоловіків?

Репродуктивна система забезпечує одну з найважливіших функцій людини — розмноження і, відповідно, продовження існування людини на Землі. Людина розмножується статевим шляхом, тому органи, що входять до репродуктивної системи, називають ***статевими органами***. За своєю будовою репродуктивні системи жінок і чоловіків відрізняються, але за виконуваними функціями вони в деякій мірі однакові:

- забезпечують розвиток і дозрівання статевих клітин;
- виробляють статеві гормони;
- на відміну від чоловічої репродуктивної системи, жіноча — здатна забезпечувати розвиток, ріст і народження дитини.

Репродуктивна система чоловіків і жінок складається із зовнішніх і внутрішніх статевих органів.

Особливості будови та функцій жіночої статевої системи

Внутрішні статеві органи розміщені в малому тазі — це *яєчники, маткові труби, матка* і *піхва*. **Зовнішні органи** репродуктивної системи жінок — *клітор* та *великі і малі статеві губи*, які оточують статеву щілину і отвір сечовидільного каналу (*мал. 11.1*).

Мал. 11.1. Будова жіночої статевої системи

Яєчники розташовані по обидва боки від матки. У яєчниках відбувається дозрівання жіночих статевих клітин — яйцеклітин. Також яєчники є ендокринним органом, вони виробляють *жіночі статеві гормони — естроген* і *прогестерон*. ***Матка*** — це порожнистий м'язовий орган, який нагадує за формою грушу. Звужену частину матки називають шийкою, яка відкривається у верхню частину піхви. У матці відбувається ріст і розвиток дитини до її народження, тому вона здатна сильно збільшуватись у розмірі. Стінка матки має товстий шар гладеньких м'язів, скорочення яких забезпечує виштовхування дитини під час пологів. ***Маткові труби*** (***фаллопієві труби***) — це м'язові трубки, які щільно прилягають до яєчників, але не з'єднуються з ними. Основна функція маткових труб — це проведення яйцеклітини до матки після її виходу із яєчників. Це відбувається за рахунок того, що внутрішня оболонка маткових труб вистелена війчастим епітелієм, який спрямовує яйцеклітину в бік матки. Слід зазначити, що саме маткові труби є місцем запліднення. ***Піхва*** (***вагіна***) — це м'язова трубкоподібна структура, яка починається від статевої щілини (вагінальний отвір) і прямує до матки. Основні функції піхви: отримання сперми під час статевого акту та створення пологового каналу, яким дитина виходить назовні під час пологів.

Важливу роль у процесі розмноження людини відіграють *молочні залози*, які не є частиною репродуктивної системи. Секрет молочних залоз — молоко, містить усі необхідні поживні речовини, щоб забезпечити дитину в перші місяці після народження. До складу молока входять імуноглобуліни матері (антитіла), які створюють імунний захист дитини до моменту, коли у неї сформується власний імунітет.

Особливості будови та функцій чоловічої статевої системи

Зовнішні статеві органи репродуктивної системи чоловіків складаються із ***мошонки*** — це складка шкіри, куди спускаються яєчка напередодні народження хлопчиків, — та ***статевого члена***, або ***пеніса***, який служить для введення сперми в статеві шляхи жінки. До **внутрішніх статевих органів** належать: *яєчка з придатками*, *сім'явиносні канальці* й *додаткові залози* (*сім'яні міхурці*, ***передміхурова*** (**простата**) і ***куперові залози***) (*мал. 11.2*).

Яєчка — це парні статеві залози, які містяться в мошонці. Кожне яєчко складається із тоненьких, щільно упакованих *сім'яних канальців*, загальною довжиною 250 м. У сім'яних канальцях відбувається формування сперматозоїдів, а також чоловічого статевого гормона — *тестостерону*. Сім'яні канальці об'єднуються і утворюють ***придаток яєчка***, який є звивистим і має довжину 6 м. У придатках відбувається дозрівання й збереження сперматозоїдів.

Мал. 11.2. Будова чоловічої статевої системи

Важливо знати. Для формування повноцінних сперматозоїдів необхідно, щоб температура їх навколишнього середовища була нижчою, ніж температура тіла. У мошонці температура на 2–3 °С нижча від температури тіла. Тому, якщо у хлопчика після народження яєчка не спускаються в мошонку, це потребує лікування для запобігання безпліддю.

Кожен придаток яєчка переходить у ***сім'явиносний каналець***, а потім у загальний сечовидільний канал. *Сечовидільний канал* прямує вздовж статевого члена й відкривається на його верхівці. У чоловіків сечовидільний канал транспортує сім'яну рідину при ***еякуляції*** (*еякуляція* — викидання сперми) та сечу — під час сечовиділення. Таким чином, у чоловіків сечовидільна і репродуктивна системи з'єднані (на відміну від чоловіків, у жінок сечовидільний канал і вагінальний канал відкриваються окремо). На своєму шляху статевими канальцями сперматозоїди змішуються із секретами додаткових статевих залоз: так формується ***сперма***. Під час еякуляції її виходить 2–5 мл. Секрети додаткових залоз створюють середовище, яке забезпечує нормальну життєдіяльність, рухливість сперматозоїдів і містить необхідні для них поживні речовини.

Висновки

1. Репродуктивна система чоловіків і жінок різна за будовою статевих органів, але спрямована на виконання головної функції — розмноження.
2. Статеві органи чоловіків і жінок забезпечують розвиток статевих клітин і вироблення статевих гормонів.
3. Статеві органи жінок призначені також для забезпечення розвитку, росту та народження дитини.

Терміни і поняття

Репродуктивна система, статеві органи, яєчники, матка, маткові труби, піхва, статевий член, мошонка, яєчка, придатки яєчка, передміхурова залоза, куперова залоза, еякуляція, сперма.

Контрольні запитання

1. Перелічіть функції репродуктивної системи чоловіків і жінок. У чому їх відмінності?
2. Назвіть статеві органи жінок, які належать до внутрішніх.
3. Які статеві органи чоловіків належать до внутрішніх? Перелічіть їх.
4. Назвіть статеві органи чоловіків і жінок, які виконують ендокринну функцію.

Завдання

1. Заповніть у таблиці вільні комірки:

Назва статевого органа	Функція
Жіночі статеві органи	
Яєчники	
Матка	
	забезпечують рух яйцеклітини до матки
Піхва	
Чоловічі статеві органи	
Яєчка	
	місце дозрівання й зберігання сперматозоїдів
	їхній секрет необхідний для підтримки життєдіяльності та рухливості сперматозоїдів
	служить для введення сперми у статеві шляхи жінки

2. Використовуючи малюнок 11.2 із зображенням чоловічої статевої системи, опишіть шлях руху сперматозоїдів від яєчок назовні.

§ 2. СТАТЕВІ КЛІТИНИ. РОЗВИТОК І БУДОВА

Ви дізнаєтесь, які особливості будови сперматозоїда забезпечують його здатність проникати в яйцеклітину. Чим статева клітина відрізняється від звичайної (соматичної) клітини тіла?

◆ А це правда, що нові яйцеклітини вже не утворюються після народження, а сперматозоїди утворюються впродовж усього життя?

Для здійснення процесу розмноження людини необхідне злиття ***статевих клітин*** (***гамет***) — чоловічої статевої клітини

(*сперматозоїда*) з жіночою статевою клітиною (*яйцеклітиною*), у результаті чого відбувається об'єднання генетичної інформації від батька й матері і формується унікальний геном майбутньої дитини.

Геном — сукупність послідовностей ДНК у гаплоїдному наборі даного організму.

Чим статева клітина відрізняється від клітини тіла?

Із попередніх курсів біології ви пам'ятаєте, що еукаріотична клітина має ядро, де збережена спадкова генетична інформація про будову всього організму — у вигляді хромосом.

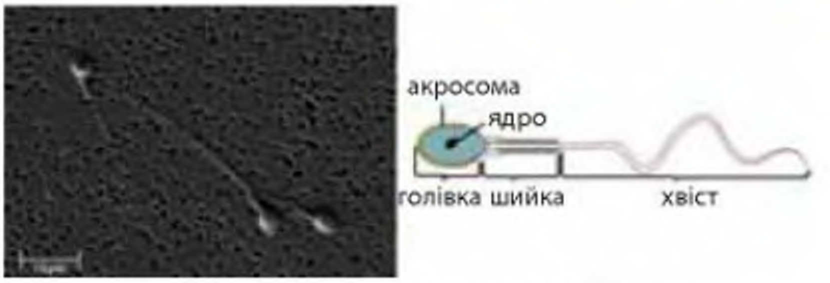
Хромосоми (від грец. *chroma* — колір і *soma* — тіло) — це найважливіший компонент ядра, утворений із ДНК у комплексі з білками.

Кожна звичайна (соматична) клітина організму людини містить подвійний (диплоїдний, 2n) набір хромосом. У гаплоїдних ***статевих клітинах*** лише один набір хромосом (1n). Під час злиття сперматозоїда з яйцеклітиною відновлюється диплоїдний набір хромосом, тобто кожна хромосома має собі пару, адже одна з них отримана від батька, а друга — від матері. Якби кількість хромосом у гаметах не зменшувалася, то статеве розмноження було б неможливим — адже кожне наступне покоління отримувало б удвоє більше хромосом, і так до нескінченності.

Процес формування нових статевих клітин називається гаметогенез

Особливості розвитку й будови сперматозоїда. Основна функція ***сперматозоїда*** — це перенесення генетичної інформації від майбутнього батька до малорухливої яйцеклітини майбутньої матері. Через це сперматозоїд має маленький розмір і є достатньо рухливим, адже він повинен просуватись жіночими статевими шляхами. Нові сперматозоїди формуються впродовж усього життя в сім'яних канальцях яєчок, починаючи з періоду статевої зрілості, — цей процес називається ***сперматогенез***.

Процес дозрівання сперматозоїдів займає приблизно 7 тижнів. *Зрілий сперматозоїд* складається із трьох частин (*мал. 11.3*): 1) *голівки*, яка містить ядро і вкрита «шапочкою» — *акросомою*, де містяться ферменти, що допомагають сперматозоїду проникнути в яйцеклітину крізь її щільну оболонку; 2) *шийки*, що містить велику кількість мітохондрій, які забезпечують енергією рух сперматозоїда; 3) за шийкою розташований *хвіст сперматозоїда*, рух якого забезпечує просування сперматозоїда жіночими статевими шляхами.



Мал. 11.3. Будова сперматозоїда

Під час еякуляції у 1 мл сперми налічують 50–150 мільйонів сперматозоїдів, приблизно 100 з них досягають яйцеклітини і зазвичай лише один проникає в неї.

Особливості розвитку й будови яйцеклітини

Процес формування ***яйцеклітин***, що має назву ***овогенез***, починається в яєчниках ще до народження дівчинки. Після народження яєчники містять 1–2 мільйони незрілих яйцеклітин, кількість яких не збільшується протягом життя жінки, відбувається лише їх дозрівання. У середньому дозрівають 400–500 яйцеклітин. ***Яйцеклітина*** має сферичну чи овальну форму, вона значно більша за розміром, ніж сперматозоїд, її діаметр — приблизно 100 мкм (*мал. 11.4*).

Мал. 11.4. Будова яйцеклітини: *а*) схема; *б*) гістологічний зріз яєчника зі зрілою яйцеклітиною

Цитоплазма яйцеклітини містить багато поживних речовин для забезпечення росту ембріона в перші дні після запліднення.

Висновки

1. Статеві клітини, на відміну від соматичних, містять одинарний (гаплоїдний) набір хромосом.
2. Сперматозоїди утворюються впродовж усього життя дорослого чоловіка. Загальна кількість яйцеклітин визначена вже тоді, коли жінка народжується.
3. Рухлива структура сперматозоїдів забезпечує виконання їхньої основної функції — доставки генетичного матеріалу батька до малорухливої, багатої на поживні речовини яйцеклітини матері.

Терміни і поняття

Сперматозоїд, яйцеклітина, сперматогенез, овогенез, статеві (гаплоїдні) клітини.

Контрольні запитання

1. У яких статевих органах чоловіка й жінки утворюються статеві клітини?
2. З яких частин складається зрілий сперматозоїд? Для чого потрібна акросома?
3. Опишіть будову яйцеклітини.
4. Поясніть терміни «овогенез» та «сперматогенез».

Завдання

1. Поясніть, чому сперматозоїди мають маленькі розміри, а яйцеклітини — великі. Чому утворюється велика кількість сперматозоїдів, а яйцеклітина — переважно одна на місяць?

2. Виберіть компоненти, що властиві: 1) тільки сперматозоїду; 2) тільки яйцеклітині; 3) обом клітинам:

а) ядро, яке містить 23 хромосоми; *б*) ядро, яке містить 46 хромосом; *в*) акросома; *г*) мітохондрії; *д*) джгутик; *е*) блискуча оболонка.

§ 3. СТАТЕВЕ ДОЗРІВАННЯ. МЕНСТРУАЛЬНИЙ ЦИКЛ

Ви дізнаєтеся, чому в підлітковому віці починаються зміни в організмі хлопчиків і дівчаток; що таке первинні і вторинні статеві ознаки; чому хлопці більш агресивні, ніж дівчата.

◆ Що означають зміни гормонального фону в підлітків? Чому у хлопців тембр голосу змінюється?

У новонароджених єдиною зовнішньою різницею між хлопчиком і дівчинкою є будова статевих органів. Це — ***первинні статеві ознаки***. Як уже зазначалось у попередніх параграфах, у статевих органах жінок і чоловіків виробляються жіночі (естроген і прогестерон) та чоловічі (тестостерон) статеві гормони. З дорослішанням, у хлопчиків і дівчаток змінюється рівень статевих гормонів, що зумовлює дозрівання статевих органів і появу вторинних статевих ознак — цей процес має назву **статеве дозрівання**. ***Вторинні статеві ознаки***, на відміну від первинних, виявляються у зміні поведінки та фізичних характеристиках організму й не мають прямого впливу на репродуктивну функцію. Швидкість статевого дозрівання залежить від соціально-побутових умов, спадковості, характеру харчування, загального стану здоров'я.

Статеве дозрівання у хлопчиків

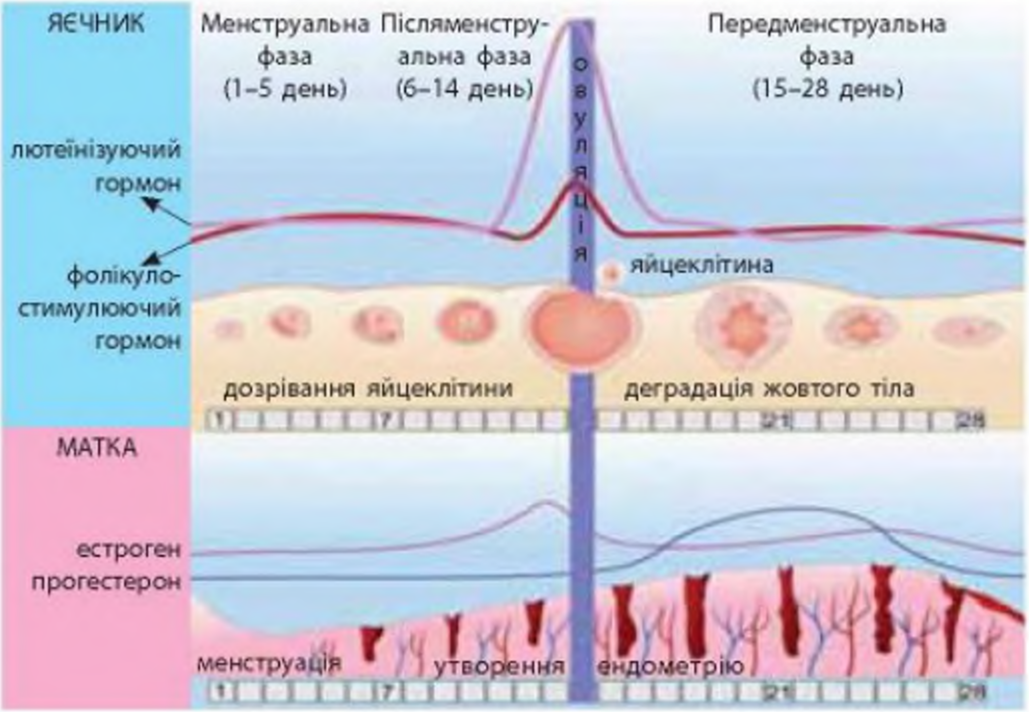
Цей процес починається у віці 11–12 років і триває до 18 років. Він контролюється ендокринною системою — підвищенням вироблення тестостерону яєчками, що зумовлює дозрівання статевих органів: зовнішні статеві органи збільшуються в розмірі, у яєчках починають формуватися сперматозоїди. У цей період може спостерігатися нічне мимовільне виверження сперми — ***полюції***. Це цілком фізіологічний процес, який свідчить про нормальне статеве дозрівання. Паралельно відбувається поява ***вторинних статевих ознак***: ріст волосся на обличчі та лобку, зниження голосу, збільшення м'язової маси. Також настає так званий підлітковий стрибок росту, у середньому 10 см за рік, який триває кілька років. Гормон тестостерон викликає поведінкові зміни юнаків тобто підвищує їхню зацікавленість до статевих стосунків і робить поведінку більш агресивною.

Статеве дозрівання у дівчаток

У дівчат статеве дозрівання починається приблизно на два роки раніше, ніж у хлопців, і протікає швидше, приблизно з 10 до 16 років. Цей процес чітко контролює ендокринна система — гормони гіпофіза (фолікулостимулюючий та лютеїнізуючий), які стимулюють вироблення естрогену яєчниками. Естроген регулює процеси, пов'язані зі статевим дозріванням. У цей період дівчата починають також активно рости, формується жіноча статура за рахунок збільшення відкладання жиру на стегнах. До основних *вторинних статевих ознак* належать ріст волосся на лобку та збільшення розміру молочних залоз. Найважливішою фізіологічною зміною в організмі дівчини цього періоду є перша ***менструація*** — показник нормального дозрівання яйцеклітин у яєчниках.

Менструальний цикл — це щомісячний цикл, який у середньому триває 28 днів і спрямований на підготовку до запліднення та вагітності (*мал. 11.5*). У яєчниках незріла яйцеклітина розміщена в мішечку — *фолікулі*, який виконує захисну роль. Яйцеклітина та фолікул поступово збільшуються в розмірі. У середині циклу яйцеклітина розриває фолікул і виходить із яєчника — відбувається ***овуляція***. Фолікул перетворюється на ***жовте тіло***, яке є джерелом жіночих статевих гормонів, необхідних для підтримки зародка в перші дні після запліднення. Якщо запліднення не відбулося, жовте тіло поступово деградує.

Одночасно з процесами, що відбуваються в яєчниках, внутрішня поверхня матки потовщується за рахунок утворення збагаченого кровоносними судинами шару — *ендометрію*. Цей шар готовий до прийняття ембріона. Якщо не відбувається зустрічі яйцеклітини зі сперматозоїдом (запліднення), цей шар руйнується і кров із ушкоджених судин виходить назовні — цей процес називають *менструацією*.



Мал. 11.5. Фази менструального циклу

У середньому менструація триває 4 дні, але цілком фізіологічним є тривалість від 1 до 8 днів. Менструальний цикл контролюють гормони гіпоталамуса, гіпофіза та яєчників. Якщо у жінки менструальний цикл є регулярним, тобто триває однаковий проміжок часу, можна визначити дні, коли шанс завагітніти є найбільшим. Для цього потрібно знати середню тривалість кожної фази менструального циклу і вести календар.

Деякі жінки за 7–10 днів до менструації відчувають дискомфорт, роздратування, болі в попереку, головний біль, набухання молочних залоз — це *передменструальний синдром*, який зникає в перші дні менструації і не потребує лікування.

Для більшості жінок менструальний цикл триває до 45–55 років, після цього настає період ***менопаузи***, коли в яєчниках більше не дозрівають яйцеклітини, статеві залози зменшуються в розмірі, і жінка не здатна завагітніти природним шляхом.

Висновки

1. Первинні статеві ознаки — це будова статевих органів, за якою відрізняються хлопчики і дівчатка від народження.
2. Поява вторинних статевих ознак свідчить про статеве дозрівання й зумовлена зміною рівня статевих гормонів.
3. Менструальний цикл — це щомісячний фізіологічний процес, що зумовлений підготовкою статевих органів жінки до запліднення та вагітності.

Терміни і поняття

Первинні статеві ознаки, вторинні статеві ознаки, полюція, менструальний цикл, овуляція, менопауза.

Контрольні запитання

1. Назвіть вторинні статеві ознаки, що характерні: тільки для хлопців; тільки для дівчат; однакові в обох статей.
2. Чому менструальний цикл є у дівчат? Чому його не має у хлопців?
3. Яка фаза менструального циклу буде відсутня, якщо відбудеться запліднення яйцеклітини?
4. Чому жінки в період менопаузи не можуть завагітніти природним шляхом?

Завдання

Розглянувши малюнок 11.5, дайте відповіді на такі запитання й підпишіть календар менструального циклу:

1. Що відбувається в перший день менструального циклу?

2. З якого до якого дня менструального циклу існує найбільша ймовірність завагітніти? Обґрунтуйте.

3. На який день 28-денного менструального циклу відбувається овуляція?

§ 4. ЗАПЛІДНЕННЯ. ВАГІТНІСТЬ. ЕМБРІОНАЛЬНИЙ ПЕРІОД РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ. ПЛАЦЕНТА, ЇЇ ФУНКЦІЇ

Ви дізнаєтесь, як відбувається процес запліднення; чим відрізняється зародок від плода; для чого потрібна плацента; як живиться дитина до народження.

◆ Чому в деяких пар народжуються близнюки?

Народження нової людини — це унікальний процес, який розпочинається з проникнення сперматозоїда в яйцеклітину — ***запліднення***.

Як відбувається процес запліднення

Сперматозоїди, потрапивши до піхви, завдяки рухливому хвосту рухаються через матку до маткових труб репродуктивної системи жінки. Якщо ця подія припадає на середину менструального

Мал. 11.6. Процеси запліднення та імплантації ембріона

циклу — це 11–15 день циклу, то дуже велика ймовірність його зустрічі з яйцеклітиною, яка в цей період виходить із яєчника в маткову трубу.

У результаті запліднення відбувається об'єднання генетичного матеріалу цих клітин і утворюється ***зигота***, яка має подвійний набір хромосом. Такий набір хромосом матимуть усі клітини майбутньої дитини. Зигота починає ділитися й прямує з маткових труб до матки, де вбудовується у її стінку — ***імплантація ембріона*** (*мал. 11.6*). Це відбувається на 4–5-й день після запліднення. Так починається *вагітність*.

Вагітність у людини триває майже 9 місяців, а точніше 40 тижнів, і закінчується пологами.

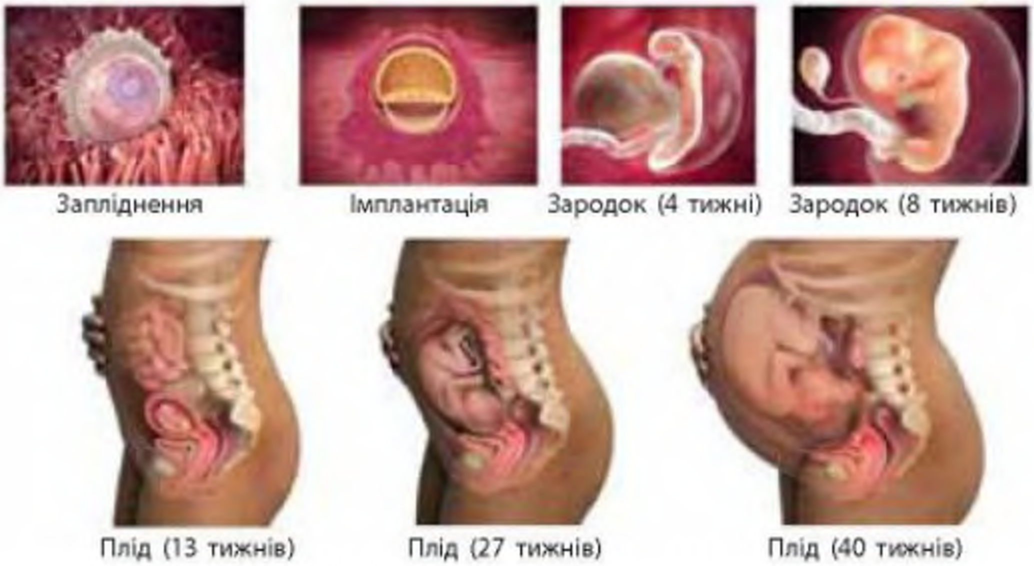
Важливо знати. Після імплантації починає формуватися плацента, яка виробляє специфічний гормон. Цей гормон значно підвищений у сечі вже через 10 днів після запліднення. Визначення його рівня є надійним показником перебігу вагітності, і тому його використовують у тестах на вагітність.

Розвиток зародка та плода

Розвиток людини до народження — *ембріональний період* — поділяють на стадію ***зародка***, яка починається з моменту імплантації в матку і триває 8 тижнів після запліднення, і ***плода*** — решта часу до народження (9–40-й тиждень) (*мал. 11.7*).

На стадії зародка відбувається закладка органів. Із 4-го по 8-й тиждень вагітності формуються майже всі органи, при цьому ембріон збільшується в розмірі всього до 3–4 см.

З 9-го тижня вагітності зародок стає плодом. Статеві органи з'являються на 12-му тижні, й уже можна визначити стать плода



Мал. 11.7. Від запліднення до народження

під час ультразвукового дослідження. До 16-го тижня серцебиття можна чути через стетоскоп, прикладаючи його до живота. До 28-го тижня плід стає схожим на малюка, у нього є брови, вії, росте волосся на голові. Дитина, народжена в цьому віці, має шанс вижити, але потребує штучної вентиляції легенів, адже вони ще недорозвинені і не можуть забезпечити самостійного дихання. До 38-го тижня закінчується розвиток усіх органів і плід готовий до народження, його зріст — 36–51 см, а вага — 2,7–4,6 кг.

Під час вагітності всередині матки формуються додаткові структури (*мал. 11.8*):

1. *Плодовий міхур* формується навколо плода, заповнений навколоплідними водами. Він виконує захисну функцію від механічних ушкоджень та є середовищем, у якому рухається плід.

2. Плід не може рости і розвиватися без кисню та поживних речовин, що надходять до нього від матері. Також продукти обміну речовин, що утворюються плодом, мають також видалятися. Ці функції виконує ***плацента***. Плацента починає формуватися в місці імплантації зародка. Вона складається із кровоносних судин матері й плода, які перебувають у

Мал. 11.8. Будова плаценти

тісному контакті, але кров матері і кров плода не змішуються. Плацента виробляє гормони прогестерон та естроген, які запобігають дозріванню нових яйцеклітин і забезпечують нормальний перебіг вагітності. Плацента також виконує захисну функцію, створюючи *плацентарний бар'єр,* який захищає плід від проникнення шкідливих речовин, таких як лікарські препарати, токсини тощо.

3. Плід зв'язаний із плацентою ***пуповиною***. Всередині пуповини проходять кровоносні судини плода, які у плаценті одержують із кровоносної системи матері кисень і поживні речовини та віддають вуглекислий газ і продукти обміну.

Пологи. Пологи розпочинаються за дії гормона окситоцину, який стимулює скорочення м'язів стінки матки; це приводить до розширення її шийки. За допомогою потуг матері скорочення матки приводять до виштовхування дитини назовні (*мал. 11.9*). Після народження перерізають пуповину і за рахунок збільшення концентрації вуглекислого газу (згадайте, як вуглекислий газ стимулює дихальний центр) запускається дихальний центр. Дитина робить перший вдих і її легені заповнюються повітрям. Пуповина не містить нервових закінчень матері та плода, тому ця процедура абсолютно безболісна.

Вплив факторів середовища та способу життя батьків на розвиток плода. Дуже важливо для вагітної жінки вживати достатню кількість білків, жирів, вуглеводів, вітамінів і мінеральних речовин (Кальцій, Ферум). У середньому потреба вагітної жінки в поживних речовинах зростає лише на 300–850 ккал/день, а отже,

Мал. 11.9. Регуляція процесу пологів

вислів «їсти за двох» — це вигадка, що не має медичного підтвердження. Перебування на свіжому повітрі та активний спосіб життя підвищують шанс народження здорової дитини. Вживання алкогольних напоїв, куріння — основні причини патологій у новонароджених. Такі діти частіше мають малу масу, що підвищує ризик смертності, ненормально маленьку голову, змінену форму обличчя та відстають у психічному розвитку. Лікарські препарати також можуть викликати розвиток патологій, тому самолікування забороняється. Найвразливішим до дії несприятливих факторів є зародок (1–8 тижні) — саме в цей період закладаються основні органи.

Висновки

1. Запліднення відбувається в маткових трубах. Утворюється зигота, ембріон імплантується у стінку матки.
2. Вагітність триває 38–40 тижнів: 1–8-й тиждень — стадія зародка; 9–40-й тиждень — стадія плода.
3. Під час вагітності всередині матки утворюються додаткові структури: навколоплідний міхур, плацента та пуповина.
4. Вагітність закінчується пологами.

Терміни і поняття

Запліднення, зигота, вагітність, зародок, плід, плацента, пуповина, пологи.

Контрольні запитання

1. У якому органі статевої системи жінки відбувається запліднення?
2. Скільки сперматозоїдів проникає в яйцеклітину під час запліднення?
3. Яка різниця між зародком і плодом?
4. Для чого потрібна плацента?

Завдання

Поясніть, чому найбільша кількість патологій у новонароджених виникає внаслідок негативних впливів у перші 8 тижнів вагітності.

Для допитливих

Чому в яйцеклітину проникає лише один сперматозоїд? У цитоплазмі яйцеклітини, біля мембрани, розташовані особливі гранули, які після проникнення сперматозоїда так ущільнюють зовнішній шар цитоплазми, що наступний сперматозоїд уже не може в неї проникнути. Це запобігає злиттю кількох сперматозоїдів з однією яйцеклітиною.

Чому народжуються близнюки? У перший місяць розвитку зародка, коли він являє собою сукупність клітин, може відбутися його розділення. У цьому разі народжуються однояйцеві близнюки. Вони одної статі і схожі один на одного. Інша картина з різнояйцевими близнюками: вони не схожі і навіть можуть бути різних статей.

Це відбувається тому, що одночасно дозрівають і виходять із яєчників під час овуляції декілька яйцеклітин. У разі їх запліднення розвиваються декілька генетично різних плодів. У результаті природного запліднення лише 1–2 % вагітностей багатоплідні.

Однояйцеві близнюки

Різнояйцеві близнюки

§ 5. ПОСТЕМБРІОНАЛЬНИЙ РОЗВИТОК ЛЮДИНИ

Ви дізнаєтесь, які періоди онтогенезу людини; де межа між дитинством і дорослим віком; що таке старіння і коли воно починається.

◆ Яка різниця між хронологічним і біологічним віком? Чи можна затримати старіння?

Онтогенез (від грец. *онтос* — існуюче, *генезіс* — походження) — індивідуальний розвиток людини, який починається від запліднення і закінчується природною смертю.

Період розвитку людини від запліднення і до народження називається *ембріональним*, після народження і до смерті — *постембріональним*. Уважно розгляньте таблицю 11.1: назвіть основні характеристики кожного вікового періоду постембріонального розвитку; у якому періоді ви перебуваєте; що чекає на вас через кілька років?

Незважаючи на те, що постембріональний період розвитку людини поділяють відповідно до віку, не існує чіткої межі між юнацтвом і дорослим періодом. Наприклад, у віці 16–17 років фізично людина є повністю зрілою, тоді як згідно з чинним законодавством України не вважається дорослою.

Отже, існують поняття хронологічного та біологічного віку. ***Хронологічний вік*** розраховують за календарем від дати народження. ***Біологічний вік*** визначають за сукупністю функціональних показників організму, він залежить від індивідуальних особливостей темпу росту та розвитку. Біологічний вік людини може відрізнятися від хронологічного на 5–20 років. Активний

спосіб життя, баланс між періодами роботи та відпочинку, правильне харчування уповільнюють процес старіння організму й відповідно зменшують біологічний вік.

Таблиця 11.1. **Вікові періоди постембріонального розвитку людини**

Назва вікового періоду життя людини	Вік		Характерні риси
	Чоловіки	Жінки	
Новонароджений	0–10 днів		— Дитина слабка й потребує ретельної турботи. У неї відбувається адаптація до навколишнього середовища, перебудовується кровоносна система, пристосовується травна система до сприйняття їжі (об'єм шлунка — 10–20 мл). Відразу після народження дитина може втратити до 30 % маси тіла. — Значна частина скелета складається із хрящової тканини. — Між кістками черепа є отвір, укритий шкірою — тім'ячко, завдяки якому може змінюватися форма голови під час пологів; створює простір для росту мозку. — Шийні м'язи слабкі, і тому дитина не здатна самостійно тримати голову.
Грудний	10 днів — 1 рік		— У 2,5–3 місяці дитина починає тримати голову. — У 6 місяців прорізуються молочні зуби, дитина сидить, намагається повзати і вимовляти перші звуки. — До року зріст збільшується майже вдвоє, а маса — утроє, дитина починає ходити, у неї формуються вигини хребта і закривається тім'ячко.
Дитинство	Раннє 1–3 роки		— Активно розвивається мовлення. — Дитина може бігати, стрибати, малювати. — Закінчується прорізання зубів. — Щорічно довжина тіла збільшується на 9–13 %.
	Перше 4–7 років		— Дитина починає писати, читати, здатна підтримати розмову. Їздить на велосипеді, плаває, грає у спортивні ігри. — З'являються перші постійні зуби. — Щорічно ріст збільшується на 5–7 %.
	Друге 8–12 років	Друге 8–11 років	— Ріст уповільнюється, але відбувається активний розумовий, емоційний розвиток. — Щорічно ріст збільшується приблизно на 3 %.
Підлітковий	13–16 років	12–15 років	— Статеве дозрівання. — З'являються вторинні статеві ознаки. — Стрибок у рості.

Закінчення табл. 11.1

Юнацький	**17–21 років**	**16–20 років**	— Період переходу між підлітковим віком і дорослим/зрілим. — Розвиток організму завершується, системи органів досягають зрілості. — Ріст тіла значно уповільнюється.
Зрілий	1-й період **21–35 років**		— Будова тіла майже не змінюється. — Активне професійне й соціальне життя. — Створення родини.
	2-й період **36–60 років**	2-й період **36–55 років**	— Період активної професійної реалізації. — З'являються перші ознаки старіння, зокрема зморшки на обличчі, сиве волосся.
Похилий	**61–74 років**	**56–74 років**	— Уповільнення обмінних процесів організму. — Порушуються функції органів чуття — знижується слух, погіршується зір, змінюються смакові відчуття. — Зменшується число нервових клітин і падає рівень імунного захисту організму. — Знижується працездатність.
Старечий	**75–90 років**		
Довгожителі	**більше ніж 90 років**		

Висновки

1. Індивідуальний розвиток людини від запліднення до смерті називається онтогенезом.
2. Ріст у постембріональний період найбільш інтенсивний у дітей грудного віку і поступово уповільнюється в період дитинства та повністю зупиняється в зрілому віці.
3. Можна зменшити свій біологічний вік, якщо вести здоровий спосіб життя.

Терміни і поняття

Онтогенез, біологічний вік, хронологічний вік.

Завдання

Як ви можете пояснити різницю у вікових періодах між чоловіками і жінками?

§ 6. РЕПРОДУКТИВНЕ ЗДОРОВ'Я

Ви дізнаєтесь, які інфекції передаються статевим шляхом і як їм запобігти; про найбільш поширені неінфекційні захворювання статевої системи; яка існує профілактика раку простати та молочних залоз.

◆ Це правда, що вірус може викликати рак?

Міфи і факти про інфекції, які передаються статевим шляхом. Підлітки та юнаки частіше хворіють інфекційними хворобами, які передаються статевим шляхом, порівняно з дорослими. Ці захворювання викликають мікроорганізми (*табл. 11.2*) або віруси, які потрапляють у статеві органи під час статевого контакту. Єдиний спосіб бути впевненим, що не захворієш на цю групу хвороб, —

Таблиця 11.2. **Бактеріальні інфекції, які передаються статевим шляхом**

Назва хвороби/збудник	Симптоми та наслідки захворювання
Хламідіоз: збудник — Хламідія трахоматіс (*Chlamydia trachomatis*)	Найбільш поширена інфекція, особливо серед жінок. Часто не викликає симптомів, тому залишається неліюваною, що може спричинити запалення придатків яєчок у чоловіків; запалення матки та яєчників у жінок. Безсимптомний хламідіоз є частою причиною безпліддя.
Гонорея: збудник — Нейсерія гонорея (*Neisseria gonorrhoeae*)	Викликає гнійно-запальні ураження слизової оболонки статевих органів та органів сечовипускання чоловіків і жінок. Потрапляючи в організм, може транспортуватися лімфою та вражати суглоби, залози тощо. Іноді має безсимптомний перебіг. Достатньо складно лікувати.
Сифіліс: збудник — Бліда трепонема (*Treponema pallidum*)	Дуже серйозне захворювання, яке спочатку проявляється невеличкою, до 2-х см, виразкою на геніталіях (статевих органах), яка з часом зникає. Через кілька місяців розвивається висипка на тілі без свербіння та лихоманка. Якщо сифіліс не лікувати, це призведе до ураження серця, мозку тощо і навіть до смерті. Тест на сифіліс (реакція Вассермана — RW) — належить до обов'язкових перед операціями, під час вагітності.

уникати випадкових статевих контактів чи мати постійні стосунки з одним здоровим партнером. Використання презерватива також захищає від передавання інфекції. Крім того, деякі з хвороб можуть передаватися через кров. Потрібно уникати контактів із кров'ю інших людей, не використовувати повторно шприци та голки, не робити татуаж чи пірсинг у домашніх умовах, а тільки в сертифікованих установах, де є медичний персонал.

Запам'ятай: багато хвороб, що передаються статевим шляхом, на початку не мають симптомів, особливо в жінок; не всі наявні інфекції можуть бути виліковними.

На відміну від бактеріальних інфекцій, які лікують антибіотиками, вірусні інфекції важко піддаються лікуванню, і в більшості випадків людина залишається інфікованою на все життя.

Папіломавірус людини та *вірус генітального герпесу* передаються статевим шляхом та уражують репродуктивні органи. Ці віруси вбудовуються в клітини і залишаються в організмі на все життя. Вірус генітального герпесу, як і простий герпес, вражає нервові клітини й проявляє себе хворобливими виразками на геніталіях. Папіломавірус уражає епітелій — проявляє себе новоутвореннями на слизових оболонках статевих органів та шкірі (бородавки, папіломи), може викликати рак шийки матки. *Вірус імунодефіциту людини* (*ВІЛ*), який спричинює хворобу — синдром набутого імунодефіциту (СНІД), також передається під час статевого контакту та через кров. Дослідниця Франсуаза Барре-Сінуссі у 1982 р. ідентифікувала ВІЛ як причину захворювання на СНІД. У 2008 р. їй було присуджено Нобелівську премію.

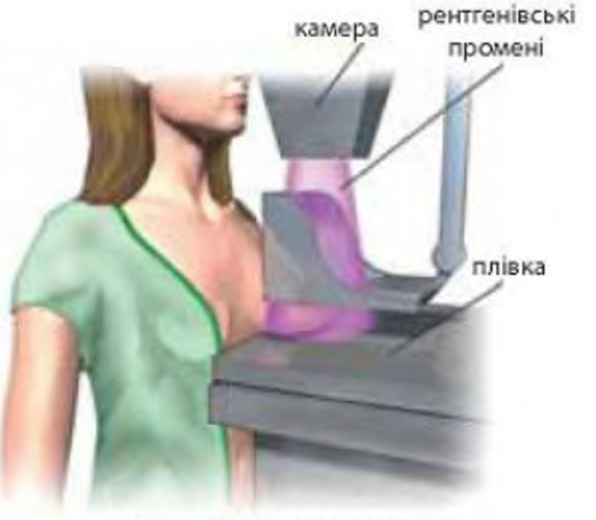
Неінфекційні захворювання статевих органів відрізняються у чоловіків і жінок. Найбільш поширеними серед чоловіків є *механічні травми яєчок*, які виникають унаслідок удару, вони дуже болючі й супроводжуються набряком у зоні мошонки.

Інша хвороба — *рак яєчок*, який найчастіше виникає у віці 15–35 років. За раннього діагностування може бути легко вилікуваний хірургічним шляхом. У чоловіків після 45 років збільшується шанс захворіти на ***рак простати***. На жаль, на початкових стадіях захворювання, коли пухлина не виходить за межі простати, характерних проявів у раку простати немає, дуже часто її діагностують на пізніх стадіях. Після 40 років необхідно щорічно проходити профілактичне обстеження на виявлення раку простати.

Неінфекційні захворювання у жінок можуть уражати піхву, матку, яєчники та молочні залози. Найбільш поширеними є *вагініти* — почервоніння та подразнення піхви, що виникають унаслідок реакції на мило; в разі надмірного росту дріжджових грибів — «молочниця».

Серед ракових захворювань — ***рак молочної залози*** є найпоширенішим серед жінок усього світу, особливо після 40–45 років.

У підлітків дуже рідко діагностують рак молочної залози. Доведено, що 21 % всіх випадків раку молочної залози виникає внаслідок уживання алкоголю, надмірної маси тіла/ожиріння та браку фізичних навантажень. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, найефективнішим заходом для зменшення числа смертей від цього захворювання є його рання діагностика. ***Мамографія***, рентгенологічне дослідження молочних залоз — найефективніший сьогодні метод, який знизив смертність на 20–30 % (*мал. 11.11*). Кожна жінка після 40 років повинна проходити мамографію один раз на рік.



Мал. 11.11. Мамографія

Висновки

1. Хвороби, що передаються статевим шляхом, можуть бути зумовлені бактеріями — хламідіоз, гонорея, сифіліс тощо або вірусами — вірус генітального герпесу, папіломавірус людини, СНІД. Не всі наявні інфекції можуть бути виліковними.
2. Єдиний надійний спосіб запобігти інфекціям, що передаються статевим шляхом, — це уникнення випадкових статевих контактів. Використання презерватива також надійно захищає від передачі інфекцій.
3. Для профілактики раку простати та раку молочної залози необхідно проходити профілактичне обстеження на наявність цих захворювань один раз на рік після 40–45 років.

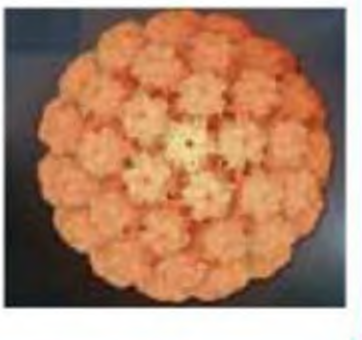
Терміни і поняття

Хламідіоз, гонорея, сифіліс, рак простати, рак молочної залози, мамографія.

Для допитливих

Це правда, що вірус може викликати рак?

У 2008 році німецький дослідник Харальд цур Хаузен отримав Нобелівську премію з фізіології та медицини за відкриття вірусу папіломи людини (HPV). Цей вірус викликає рак шийки матки. Ще в середині 70-х рр. дослідник виявив, що жінки з раком шийки матки неодмінно інфіковані вірусом папіломи людини. Завдяки цьому відкриттю було розроблено вакцину, застосування якої майже на 100 % захищає від інфікування HPV. Вакцинацію рекомендують проводити жінкам у віці з 11 до 26 років, а чоловікам — з 11 до 21 року.



Підіб'ємо підсумки

1. Ми зрозуміли, що органи репродуктивної системи чоловіків і жінок забезпечують утворення статевих гормонів, статевих клітин і процес запліднення, а жіноча репродуктивна система — ще й ембріональний розвиток нащадків.
2. Ми дізналися, що процес виходу яйцеклітини з яєчника та ріст і зміна ендометрію у матці відбуваються циклічно під впливом гормонів гіпофіза та жіночих гормонів — естрогенів і прогестерону.
3. Ми запам'ятали, що запліднення відбувається в маткових трубах, а ембріональний розвиток — у матці, при цьому всі необхідні речовини плід отримує із крові матері через плаценту.
4. Ми довідалися, що досить часто можуть розвиватися онкологічні захворювання статевих залоз, матки, молочних залоз, і усвідомили необхідність профілактичних оглядів у дорослому віці.
5. Ми усвідомили, що статевим шляхом передається багато хвороб — СНІД, сифіліс, гонорея, хламідіоз, генітальний герпес та інші, й уникнення випадкових статевих стосунків або ж використання презервативів істотно знижує ризики зараження.

Знаю — вмію

- Я знаю, які органи утворюють репродуктивну систему чоловіків і жінок.
- Я вмію пояснити зв'язок будови органів репродуктивної системи з їхніми функціями.
- Я розумію, що яєчники і яєчка одночасно є органами репродуктивної і ендокринної систем.
- Я розумію, чому статеві клітини мають гаплоїдний набір хромосом.
- Я можу пояснити, чим зумовлені відмінності у будові сперматозоїдів і яйцеклітин.
- Я розумію циклічність процесів, що відбуваються в яєчниках і матці, механізми менструального циклу та роль гормонів у цих процесах.
- Я знаю, де відбувається запліднення і де прикріплюється й розвивається ембріон.
- Я розрізняю ембріональний і плодовий етапи ембріонального періоду.
- Я розумію, як плід отримує поживні речовини з організму матері, яка роль плаценти й пуповини.
- Я знаю, які вікові періоди виділяють у людини і їхні основні особливості.
- Я можу пояснити, у чому відмінність первинних і вторинних статевих ознак.
- Я знаю, які є інфекційні та неінфекційні хвороби органів репродуктивної системи.
- Я розумію, які засоби запобігання цим хворобам і усвідомлюю їх необхідність.

УЗАГАЛЬНЕННЯ

ЦІЛІСНІСТЬ ОРГАНІЗМУ ЛЮДИНИ

На початку вивчення біології людини ми порівнювали її організм із державою й підкреслювали, що це — *цілісна біологічна система*, й зміни в будь-якій її складовій впливають на функціонування всієї системи. Ми також наголошували, що життя людини не можна розглядати окремо від її середовища, адже людина — це *відкрита система*. В екстремальних ситуаціях, коли раптом припиняється якась із функцій або виникає нестача тих чи інших компонентів середовища, пріоритетними для виживання людини (у порядку їх значення) є — дихання, кровопостачання органів (насамперед головного мозку), підтримання температури тіла в межах норми, вода і, нарешті, їжа. Але у нашому звичайному житті, щоб людина довгі роки була здоровою, працездатною і щасливою, не існує дрібниць. Раціональне харчування так само важливе, як і правильне функціонування видільної системи. Якщо виникає хронічний дефіцит вітамінів чи мінеральних речовин, то з часом це призведе до серйозних порушень тих чи інших функцій.

В організмі людини окремі клітини, органи, системи органів пов'язані настільки тісно, що без перебільшення можна сказати — тут насправді один за всіх і всі за одного!

Коли людина відчуває голод, вона починає шукати їжу, від холоду вона шукає теплий притулок, небезпека викликає стрес і відповідні поведінкові реакції — відомий вам уже приклад «бий або втікай», а мозок миттєво ухвалює найкраще рішення, активує велику кількість механізмів, що в критичних ситуаціях рятує життя. Усе це дає змогу людині жити за дуже різних умов — у горах і пустелях, на антарктичних станціях і в тропічних джунглях. І все це завдяки здатності організму, як цілісної системи, підтримувати параметри внутрішнього середовища в межах норми — незалежно від коливань зовнішніх факторів.

У повсякденному житті ми навіть не замислюємося над тим, які величезні резерви має наш організм, адже він багато в чому працює «автоматично» — це результат тісної взаємодії між автономною (вегетативною) нервовою і ендокринною системами в регуляції функцій. Разом з головним мозком — нашим вищим командним центром — ці системи здатні творити чудеса.

Взаємодія регуляторних систем

Нагадаємо, які саме системи належать до регуляторних систем організму і за якими загальними принципами вони працюють:

- **Нервова система,** що складається з трьох основних частин — сенсорної, центральної (інтегрована частина) і моторної, посилає інструкції ефекторам (м'язам, секреторним клітинам тощо). Важливу роль відіграє і автономна нервова система, яка виконує свої регуляторні функції на підсвідомому рівні. Нервова система забезпечує швидку й адресну регуляцію шляхом електричної і синаптичної сигналізації.
- **Система гормональної регуляції,** що включає вісім основних ендокринних залоз, які виробляють хімічні сигнали — гормони. Ця система активно доповнює нервову регуляцію. Дія гормонів більш повільна, тривала й системна, адже вони з кров'ю досягають кожної клітини тіла.
- Крім гормонів, клітини можуть реагувати й на інші сигнали хімічної природи (гуморальна регуляція).
- **Автономна нервова система** тісно співпрацює з ендокринною системою в забезпеченні базових, життєво важливих функцій організму — регуляції дихання, кровообігу, швидкості метаболічних реакцій, терморегуляції, виділення і репродукції. Останню часто не згадують у зв'язку з гомеостазом, але гомеостаз у найширшому його розумінні включає також і зміну поколінь, продовження життя, і тоді репродукція набуває ключового значення.
- Регуляторні системи включають також **генетичний контроль,** який потрібен для тривалих змін активності ферментів, сигнальних систем тощо. Як це працює, ви дізнаєтесь уже в наступному році.

- Регуляція найчастіше відбувається за принципом *негативного зворотного зв'язку* — відхилення того чи іншого показника від норми викликає компенсаторні реакції, спрямовані на його повернення до нормального рівня. Але часто не тільки корисним, а й необхідним стає *позитивний зворотний зв'язок* — так, наприклад, відбува-

ється посилення й почастішання родової діяльності під час пологів — аж до народження дитини. Такі явища типу «усе або нічого», розпочавшись, ідуть до кінцевого результату за рахунок самопідсилення.

• Контроль функцій більш складних типів — так званий **адаптивний** — це низка дуже складних механізмів, коли мозок людини навчається керувати складними рухами начебто на випередження. Це потребує повторювання, тренування й навчання. Навчитися їздити на велосипеді спочатку видається майже неможливим завданням. Але шляхом спроб, падінь і нових спроб ваш мозок формує нові зв'язки між нейронами і починає посилати все більш правильні сигнали вашим м'язам — диво сталось, ви без сторонньої допомоги поїхали на двох колесах.

І декілька слів на завершення...

Життя людини залежить від усіх форм контролю і правильної взаємодії між ними. Вони створюють ту унікальну гармонію життя, при втраті якої неминучі хвороби або навіть смерть. Кожна клітина тіла отримує користь від гомеостазу, і кожна з них додає частку своїх зусиль для його підтримання. Якщо ж один з органів утрачає свою працездатність, то починає страждати весь організм. Згадайте, як ми на початку порівнювали наш організм із державою. Життя на рівні клітин, органів і організму — це ідеальний соціальний устрій трильйонів його клітин.

У цьому підручнику ми намагалися відповісти на сотні запитань «чому?», які ставлять юнаки і дівчата — і при цьому не спрощувати складнощі природи. Ми не казали вам, що треба бути фізично активними, тому що це корисно для вашого здоров'я. Ми намагались пояснити, у чому саме полягає ця користь для клітин, органів, метаболізму організму людини. Якщо ж ви не знайшли відповіді на якісь із ваших «чому?» або щось залишилось незрозумілим — це не біда. Люди, які зберігають дитячу пристрасть питати «чому?», часто стають ученими. Біологія належить до природничих наук, і особлива складність її полягає в тому, що біологам потрібно знати всі закони хімії і фізики, адже в організмі вони працюють так само, як і в неживій природі — і ще робити крок уперед для розуміння, як ці закони працюють у живих системах.

Дехто з вас, можливо, захоче стати біологом або створювати нові ліки, чи стати лікаркою або лікарем. Біологія — це теоретичний фундамент медицини, тому всі ці професії тісно пов'язані, і всі вони допомагають зберегти здоров'я людей. Марк Тулій Цицерон сказав: «Ні в чому людина не наблизилась до богів настільки, як у її здатності дарувати здоров'я». А якщо ви оберете далекі від біології професії — нові знання про свій організм, ми сподіваємося, допоможуть вам залишатися здоровими й щасливими.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

ТЕМА: Мікроскопічна будова крові людини

(Мікроскопічне дослідження клітинного складу крові людини)

Мета: навчитися розрізняти форменi елементи крові людини, встановлювати зв'язок між різними форменими елементами крові з їхніми функціями.

Обладнання і матеріали: таблиці, мікроскоп, мікропрепарати крові людини (або забарвлені мазки крові), мікропрепарати еритроцитів (людини і жаби).

Хід роботи:

1. Налаштуйте мікроскоп для роботи.

2. Спочатку на малому збільшенні розгляньте мікропрепарат крові людини. Знайдіть еритроцити, лейкоцити, групи тромбоцитів. Яких формених елементів найбільше? Що заповнює простір між форменими елементами? Зробіть схематичний малюнок, позначте основні компоненти крові.

3. Налаштуйте мікроскоп на велике збільшення. Детально розгляньте будову лейкоцитів, знайдіть їхні ядра. Чи однакові форми ядра у різних лейкоцитів? Чи всі лейкоцити мають однакову форму клітини? Замалюйте будову лейкоцита, позначте ядро, цитоплазму, плазматичну мембрану.

4. Спочатку на малому, а потім і на великому збільшенні почергово розгляньте мікропрепарати еритроцитів (людини і жаби). Яку форму мають еритроцити людини? А жаби? Еритроцити якого організму мають більші розміри? У яких еритроцитах є ядро? Зробіть схематичні малюнки еритроцитів (людини і жаби) з відображенням їхніх відносних розмірів, форми та наявності ядра.

5. Заповніть таблицю. Визначте подібні та відмінні ознаки, поясніть зв'язок між відмінностями еритроцитів людини і жаби з інтенсивністю обміну речовин цих організмів.

Ознаки	Еритроцити жаби	Еритроцити людини
Форма		
Забарвлення		
Наявність ядра		
Кількість (більше/менше)		
Функції		

6. Доведіть зв'язок між будовою крові людини і її функціями.

Укладаючи доведення, зверніть увагу на таке: а) консистенція плазми крові та її роль у транспортних процесах; б) будова і функції еритроцитів у зв'язку з інтенсивним обміном речовин; в) амебоподібна форма та наявність ядра в лейкоцитах у зв'язку з виконуваними ними імунними функціями; г) наявність у крові тромбоцитів та їхні функції.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ ПОКАЖЧИК

ЗМІСТ

Навчальне видання

ЖОЛОС Олександр Вікторович
ТОЛСТАНОВА Ганна Миколаївна
ЯГЕНСЬКА Галина Василівна
ДОДЬ Володимир Васильович
ДОВГАЛЬ Ігор Васильович
ХОДОСОВЦЕВ Олександр Євгенович
КОСТІКОВ Ігор Юрійович
ВОЛГІН Сергій Олександрович
СИВОЛОБ Андрій Володимирович
СКРИПНИК Наталія Вячеславівна

БІОЛОГІЯ

Підручник для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

ВИДАНО ЗА РАХУНОК ДЕРЖАВНИХ КОШТІВ. ПРОДАЖ ЗАБОРОНЕНО

Редактор *О. Б. Жилін*
Технічний редактор *Л. І. Аленіна*
Художнє редагування та дизайн обкладинки *П. В. Ширнін*
Комп'ютерна верстка *К. П. Мирончик*
Коректори *Л. А. Еско, А. М. Нечитайло*

В підручнику використано репродукції живопису Джузепе Арчимбольдо, Володимира Волегова, графіки Херлуфа Бідструпа; малюнки, колажі та інфографіку Оксани Поліщук, Олександра Жолоса, Ганни Толстанової; фотографії авторів: Andrea Danti, Andrew Ostrovsky, Ariadna de Raadt, Brijith Vijayan, Damian Ovidiu Dan, Elena Schweitzer, Monkey Business, Naveen Kalwa, Peter Lecko, Santalucia Art Inc., Shubhangi Kene, Vasyl Yakobchuk, Анастасії Попової, Марії Міннікової, а також із сайтів: http://depositphotos.com, http://www.shutterstock.com. Інші фотографії та ілюстрації є суспільним надбанням (public domain) і завантажені з вільних джерел всесвітньої мережі Інтернет — сайтів: http://uk.wikipedia.org, https://en.wikiversity.org, http://www.nobelprize.org, https://pixabay.com, http://depositphotos.com, https://www.pinterest.com, http://www.freepik.com, https://openclipart.org, http://www.panoramio.com та ін.

Формат 70x100/16.
Ум. друк. арк. 24,624 + 0,324 форзац. Обл.-вид. арк. 23,10 + 0,55 форзац.
Наклад 6 150 пр. Зам. №6529.

ТОВ «ФОЛІО»
Свідоцтво «Про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції»
Серія ДК № 4935 від 13.07.2015 р.

Віддруковано ТОВ «Поліпрінт».
Свідоцтво «Про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції»
Серія ДК № 1250 від 27.02.2003 р.
04074, м. Київ, вул. Лугова, 1А